

Б.М. ГЕНИС
Л.Ш. ДОКТОР
В.С. ТЕРГАН

шлифовщик на круглошлифовальных станках



шлифовщик на круглошлифовальных станках

Генис Борис Михайлович, Доктор Лема Шиманович, Терган Владимир Семенович

ШЛИФОВЩИК НА КРУГЛОШЛИФОВАЛЬНЫХ СТАНКАХ. Учебное пособие для индивидуальной и бригадной подготовки рабочих на производстве. М., Профтехиздат, 1963.

272. с. с илл.

Научный редактор *В. З. Фрейдберг*
Редактор *С. Н. Чи-юн-шуй*
Обложка худ. *И. Н. Веселова-Новицкого*
Техн. редактор *Л. А. Дороднова*
Корректоры *М. М. Добрянская* и *Н. С. Логунова*

А00819 Сдано в набор 12/XII 1962 г. Подп. к печ. 4/IV 1963 г.
Формат бум. $60 \times 90^{1}/_{16}$—17 п. л. В 1 п. л. 38 000 зн. Уч.-изд. 15,76 л.
Уч. № 9/5929 Тираж 20 000 экз. Цена 49 коп.

Издательство «Профтехиздат», Москва, Хохловский пер., 7
Рижская типография Профтехиздата, г. Рига, ул. Таллинас, 59. Зак. 1944

ВВЕДЕНИЕ

В Программе Коммунистической партии Советского Союза, принятой на XXII съезде, указывается, что главная экономическая задача партии и советского народа состоит в том, чтобы в течение двух десятилетий создать материально-техническую базу коммунизма.

Решающим этапом в осуществлении этой задачи является выполнение семилетнего плана развития народного хозяйства СССР на 1959—1965 гг. Первостепенное значение для ускорения технического прогресса и оснащения всех отраслей народного хозяйства новой техникой имеет дальнейшее быстрое развитие всех современных отраслей машиностроения и в первую очередь тяжелого машиностроения, приборостроения, производства средств автоматики, телемеханики и электроники.

Видное место в современном машиностроительном производстве занимают шлифовальные станки. Шлифование, являясь одним из самых производительных методов обработки металлов, обеспечивает высокую степень чистоты обрабатываемой поверхности, высокую точность формы и размеров деталей. Шлифованием обрабатываются закаленные стали и твердые сплавы.

При непрерывном снижении припусков на механическую обработку путем совершенствования заготовительных операций шлифование начинает все более заменять токарные, строгальные, фрезерные и слесарные операции.

Количество шлифовальных станков в промышленности непрерывно увеличивается, и на автомобильных заводах достигает 25% всего станочного парка. Особенно широко они применяются при изготовлении подшипников.

Шлифовальные станки появились сравнительно недавно. В 1872 г. был построен первый станок для шлифования деталей по наружной поверхности со скоростью обработки 5—10 *м/сек*. Применение в начале XX в. шлифовальных кругов из искусственного абразивного материала позволило резко увеличить скорости резания и привело к совершенствованию шлифовальных станков. Ручной привод был вытеснен ременной передачей, затем появились станки с зубчатыми передачами и коробками скоростей.

В настоящее время выпускаются станки с гидроприводом, имеющие широкие пределы регулирования скоростей и подач. Современные станки оснащаются электрошпинделями со скоростью вращения 100 000 и более оборотов в минуту.

В целях повышения производительности, улучшения качества шлифования и облегчения труда рабочих шлифовальные станки механизируются и автоматизируются. Создаются целые автоматические линии, где до 70% от общего количества технологических операций занимает обработка на шлифовальных станках.

Осуществляемая в нашей стране механизация и автоматизация процессов производства характеризуется последовательным переходом от автоматизации отдельных операций, отдельных станков и агрегатов к автоматизации крупных участков, цехов и предприятий с широким применением электронных счетно-решающих и управляющих устройств.

Комплексная механизация и автоматизация производственных процессов являются материальной основой для постепенного перерастания социалистического труда в труд коммунистический. Технический прогресс значительно повысит требования к культуре производства, к специальной и общеобразовательной подготовке всех трудящихся.

Глава I

МАТЕРИАЛЫ

§ 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МЕТАЛЛАХ

Технически чистые металлы и сплавы. Химики под понятием «металл» подразумевают только чистые металлы, входящие в периодическую систему Менделеева, а в технике «металлами» называют не только чистые металлы, но и их сплавы, т. е. всю группу металлических материалов.

Все вещества в природе подразделяются на простые и сложные. Простыми называются вещества, которые невозможно разложить обычными средствами на составные части — элементы. Согласно таблице Менделеева существует более 100 элементов, из которых 78 являются металлами (ртуть, железо, алюминий, свинец, медь, олово и др.).

Путем химического соединения простых веществ образуются сложные вещества. Сложными веществами являются и металлические сплавы — чугун, сталь, бронза, латунь, силумин, баббит и др., которые образуются путем сплавления отдельных металлов или металлов с металлоидами (неметаллами) — углеродом, серой, фосфором и др.

Чистые металлы в современном машиностроении применяются значительно реже, чем сплавы, ввиду их малой прочности, а также дефицитности целого ряда чистых металлов (меди, свинца, олова, вольфрама и др.). Чистые металлы применяются в тех случаях, когда от материала требуются высокие показатели теплопроводности и электропроводности, высокая температура плавления.

Сплавы имеют целый ряд преимуществ по сравнению с чистыми металлами. Они характеризуются большей прочностью, более низкой температурой плавления, способностью изменять свойства при изменении их химического состава и под влиянием термической обработки, обладают большей жидкотекучестью в расплавленном состоянии и меньшей усадкой.

Группы металлов. Металлы подразделяются на две большие группы: черные и цветные.

Группу черных металлов составляют техническое железо, а также сталь и чугун, которые представляют собой сплавы железа с углеродом; черные металлы, кроме углерода, содержат марганец, кремний, серу и фосфор. Эта группа составляет более 80% всех металлов, потребляемых в настоящее время. От процентного содержания углерода зависят физические и механические свойства этих металлов.

Вторую группу составляют цветные металлы — медь, цинк, олово, свинец, алюминий и др. и сплавы на их основе.

§ 2. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА МЕТАЛЛОВ

Качество металлических деталей механизмов и машин, их надежность и долговечность в работе при различных эксплуатационных условиях зависят от определенных свойств, присущих металлам, из которых они выполнены.

Различают следующие основные свойства материалов: физические, механические, технологические и химические.

Физические свойства. К основным физическим свойствам металлов относят: удельный вес, электропроводность, теплопроводность, температуру плавления, магнитные свойства и др.

Удельный вес или плотность материала — это вес одного кубического сантиметра данного материала, выраженный в граммах. Удельный вес чистого железа равен 7,87; стали — от 7,5 до 10 в зависимости от ее состава. Удельный вес материала в настоящее время приобрел особо важное значение, так как для целого ряда машин необходима не только прочность, но и легкость конструкции (например, в ракетной и авиационной технике, кораблестроении и т. д.).

Электропроводность — это способность металлов проводить электрический ток. Электропроводность характерна для чистых металлов, сплавы же характеризуются величиной, обратной электропроводности, — электросопротивлением. Удельным электросопротивлением называется сопротивление проводника сечением 1 *мм*^{2} и длиной 1 *м*, выраженное в омах. Для чистого железа удельное электросопротивление при 20° равно около 0,1 *ом·мм*^{2}*/м*.

Теплопроводность — это способность металлов проводить тепло. Теплопроводность измеряется количеством тепла, проходящего через металлический стержень сечением 1 *см*^{2} на длине 1 *см* в течение 1 сек., при разности температур в 1° и выражается в *кал/см·сек·град*. Теплопроводность имеет важное значение при установлении режима термической обработки изделия, от нее зависит скорость нагрева, равномерность прогрева, скорость охлаждения и др.

Температура плавления определяется степенью нагрева, при которой металл переходит из твердого состояния в жидкое. Температура плавления для чистых металлов постоянна, а для сплавов колеблется в зависимости от химического состава. К легкоплавким металлам относятся: цинк, олово, свинец, висмут, к тугоплавким — вольфрам, молибден, титан и др.

Магнитные свойства — это способность металлов притягиваться магнитом и намагничиваться. В природе имеется всего четыре чистых металла, которые обладают магнитными свойствами: железо, никель, кобальт и редкий металл гадолиний. Все остальные металлы немагнитны. Способность стали намагничиваться под влиянием сильного магнита характеризуется магнитным насыщением, которое измеряется в гауссах.

Важной магнитной характеристикой стали является ее способность оставаться намагниченной. Для размагничивания стали ее надо поместить в магнитное поле, имеющее обратное направление магнитных силовых линий по отношению к намагничивающему полю. Величина напряженности магнитного поля называется коэрцитивной силой и измеряется в эрстедах.

Механические свойства. К механическим свойствам металлов относят: прочность, твердость, упругость, вязкость, истираемость. Эти свойства приобретают решающее значение при определении пригодности того или иного материала для конкретной конструкции изделия.

Прочность — это способность металла сопротивляться разрушению при приложении к нему различных нагрузок.

Твердость — способность металла сопротивляться внедрению в него более твердых частиц при соприкосновении с другими материалами.

Упругость — способность металла принимать первоначальную форму и размеры после снятия приложенной к нему нагрузки.

Пластичность — это способность металлов деформироваться без разрушения путем штамповки, изгиба, прокатки, волочения.

Истираемость — способность металлов сопротивляться износу под действием трения, возникающего в процессе работы изделия.

Контроль прочности и пластичности металла производится на стандартных образцах, изготовляемых из металла, подлежащего испытанию.

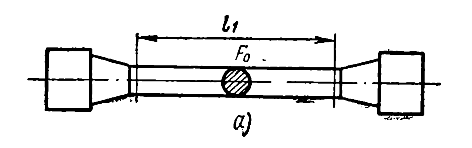
В зависимости от нагрузок, которые будут воздействовать на изделие из данного металла, производят испытание образцов на растяжение (разрыв) или изгиб.

Испытание на разрыв производится следующим образом.

Контрольный образец (рис. 1, *а*) помещают в зажимы универсальной (разрывной) машины и начинают растягивать. По

мере приложения постепенно возрастающей нагрузки образец удлиняется, становится тоньше, а затем происходит его разрыв (рис. 1, *б*). Чем прочнее металл, тем большую нагрузку надо приложить для разрыва образца; одновременно определяется пластичность металла: чем материал пластичнее, тем больше он удлиняется за счет уменьшения диаметра. Образцы из хрупких материалов разрываются сразу.

Сняв со шкалы манометра разрывной машины показания нагрузки (P в *кГ*) в момент разрушения образца и вычислив площадь его поперечного сечения до испытания (F_0 в *мм*^{2}), можно определить предел прочности (σ_b в *кГ/мм*^{2}) при растяжении (т. е. максимальное напряжение, соответствующее максимальной нагрузке перед разрушением образца) по следующей формуле:



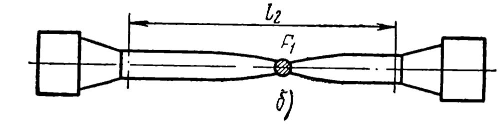


Рис. 1. Образец для контроля металлов на растяжение:

а — до испытания, *б* — после испытания

$$\sigma_b = \frac{P}{F_0},$$

где

$$F_0 = \frac{\pi D^2}{4}$$

D — диаметр образца до испытания.

Замерив длину образца после растяжения (l_2 в *мм*) и зная его первоначальную длину (l_1 в *мм*), определяют относительное удлинение по формуле

$$\delta_n = \frac{l_2 - l_1}{l_1} \cdot 100\%$$

и относительное сужение площади поперечного сечения по формуле

$$\varphi = \frac{F_0 - F_1}{F_0} \cdot 100\%,$$

где F_0 — площадь поперечного сечения образца до испытания в *мм*^{2};

F_1 — площадь поперечного сечения образца после испытания в месте разрыва в *мм*^{2}.

Кроме того, в процессе растяжения образца определяются следующие характеристики прочности:

1) предел пропорциональности (σ_p) — наибольшее напряжение, до которого сохраняется линейная пропорциональность между растягивающим напряжением и удлинением, т. е. во сколь-

ко раз возрастает напряжение, во столько раз увеличивается удлинение;

2) предел упругости (σ_e) — максимальное напряжение, которое может выдержать металл, не испытывая остаточной деформации после снятия приложенной нагрузки;

3) предел текучести (σ_s) — наименьшее напряжение, при котором образец продолжает удлиняться без заметного увеличения приложенной нагрузки.

Испытание на изгиб производится аналогичным способом.

Измерение твердости металла производится на приборе, который называется прессом Бринелля (рис. 2).

Метод измерения заключается в том, что под действием силы, например в 3000 *кГ*, в предварительно зачищенное место испытываемого тела вдавливается стальной каленый шарик диаметром 10,0 *мм*, при этом на зачищенной площадке останется отпечаток, имеющий вид сферического углубления. Замерив диаметр отпечатка, определяют его площадь. Если силу вдавливания разделить на площадь отпечатка, получим число твердости по Бринеллю. Чем больше это число (или чем меньше отпечаток), тем тверже данный металл. Твердость по Бринеллю выражается в *кГ/мм*². Зная диаметр отпечатка, можно по специальным таблицам определить твердость данного металла.

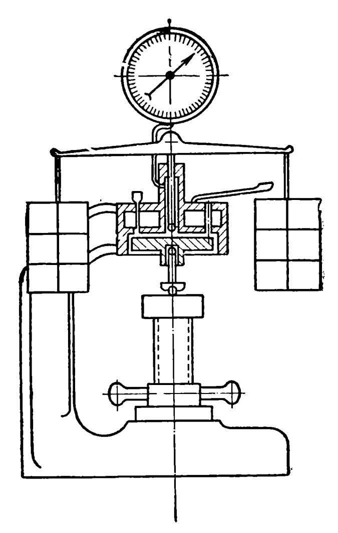


Рис. 2. Прибор Бринелля

Между твердостью стали по Бринеллю (*HB*) и пределом ее прочности существует простое соотношение, выражаемое формулой

$$\sigma_b = 0,36\,HB.$$

Поэтому, зная твердость металла, можно приближенно, не производя испытания образца на прочность, определить величину предела прочности.

При помощи пресса Бринелля можно определять твердость незакаленных сталей, чугуна, цветных металлов. По мере увеличения твердости испытываемого металла применение пресса Бринелля затрудняется, так как происходит деформация самого шарика, вследствие этого отпечаток получает недостаточно четкие очертания и его нельзя точно измерить.

Твердость деталей толщиной менее 3 *мм* этим способом определить невозможно. В этих случаях измерение твердости производят на приборе Роквелла (рис. 3), где в испытываемую сталь

вдавливается с силой в 150 *кГ* измерительный наконечник (алмазный конус с углом при вершине 120°). Для более мягких материалов применяется стальной шарик (диаметром 1,6 *мм* при нагрузке 100 *кГ*). Чем меньше твердость стали, тем на большую глубину вдавливается алмазный конус.

Определение твердости испытываемого металла производится по показаниям индикатора, который имеет две шкалы: черную для конуса и красную для шарика. При испытании шариком твердость обозначается *HRB*, а при испытании алмазным конусом — *HRC*.

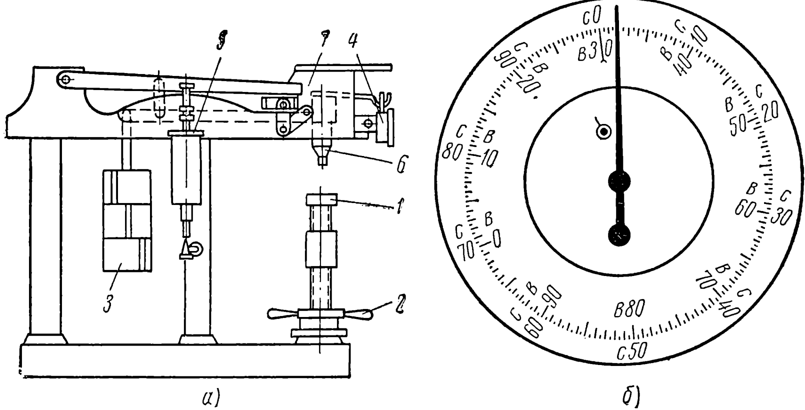


Рис. 3. Прибор Роквелла:

а — общий вид, *б* — циферблат прибора: *1* — столик, *2* — маховик, *3* — груз, *4* — измерительная головка, *5* — призма, *6* — алмазный наконечник, *7* — коромысло

Технологические свойства. Технологические свойства металлов определяют их пригодность к различным видам обработки.

Некоторые металлы — сталь, медь, алюминий, свинец, хорошо куются и прокатываются. Другие металлы, например чугун, хром, алюминиевые сплавы, из-за высокой хрупкости коваться не могут. Чугун, силумин дают хорошие отливки; сталь и чистая медь отливаются значительно труднее. Часть металлов (медь, латунь) хорошо паяются, между тем алюминий и его сплавы почти не поддаются пайке. Различна обрабатываемость металлов резанием: легко обрабатываются цветные сплавы, тяжелее — чугун и сталь. Некоторые металлы хорошо свариваются. К ним относятся стали с низким содержанием углерода; хуже свариваются чугуны, медные и алюминиевые сплавы.

Можно выделить следующие основные технологические свойства металлов:

обрабатываемость резанием, т. е. способность обрабатываться режущим инструментом (резцом, сверлом, шлифовальным кругом и т. д.);

пластичность, или ковкость, т. е. способность металлов подвергаться обработке давлением без разрушения;

текучесть, т. е. способность металла при его разливке заполнять все изгибы литейной формы;

свариваемость, т. е. способность отдельных заготовок прочно соединяться в зоне контакта под действием местного нагрева до пластического или расплавленного состояния.

Понятие о структуре металлов и сплавов. Все металлы и металлические сплавы являются кристаллическими телами; они имеют правильное внутреннее строение, их атомы располагаются в строго определенном порядке и образуют так называемые атомно-кристаллические решетки. В узлах этих решеток находятся положительно заряженные ионы, которые окружены отрицательно заряженными электронами; последние свободно перемещаются в пределах кристаллической решетки.

Взаимодействие между ионами и электронами обеспечивает связь между атомами. Чем меньше расстояние между атомами и ниже температура, тем прочнее связь; повышение температуры ведет к ослаблению связи и разрушению решетки.

Расположение атомов в кристаллической решетке оказывает большое влияние на свойства металлов. В литом металле структура состоит из крупных зерен, и прочность литого металла невелика. В кованом металле структура более мелкозернистая и прочность значительно выше. Структура отожженного металла имеет еще более мелкое зерно и более высокую прочность. После закалки структура получается самая мелкозернистая, а прочность самая большая.

Сплавы представляют собой кристаллические тела, состоящие из атомов двух или нескольких элементов. Свойства сплавов зависят от химического состава входящих в сплав элементов и их количества, а также от внутреннего их строения, т. е. структуры.

§ 3. ЧУГУНЫ

Чугун является первичным продуктом, получаемым из железных руд, и представляет собой сплав железа с углеродом, содержание которого составляет от 1,7 до 4,5%.

Чугун получают в доменных печах. В качестве исходных материалов используют железную и марганцевую руду, кокс в качестве топлива и флюсы, служащие для перевода в шлак вредных примесей и пустой породы. В качестве флюса в доменных печах используют известняк.

Кокс, руда и флюсы загружаются сверху в доменную печь слоями. В верхней части шахты при температуре 200—400° они нагреваются горячими газами, поднимающимися кверху, и подсыхают. В центральной части шахты, где температура достигает 400—800°, происходит восстановление железа окисью уг-

лерода, образующейся при сгорании топлива. Опускаясь ниже при температуре 900—1000°, восстановленное железо растворяет в себе углерод и другие примеси (фосфор, сера, марганец, кремний), при дальнейшем опускании и нагреве железо насыщается углеродом и превращается в чугун. Чугун, отделенный от шлака, через специальную летку разливается в ковши.

По химическому составу и структуре чугун разделяется на белый и серый.

Белый чугун обладает большой твердостью и хрупкостью, трудно поддается обработке режущим инструментом, более густоплавок, чем серый чугун. Его главное назначение — это дальнейшая переработка в сталь, поэтому его называют также *передельным чугуном.*

Серый чугун, имея высокую прочность, обладает хорошей обрабатываемостью на металлорежущих станках. Он жидкотекуч, хорошо заполняет формы, поэтому его называют также *литейным чугуном.* Этот чугун успешно применяется для отливки различных фасонных станин, деталей и заготовок.

Серый чугун, обладая меньшей по сравнению со сталью прочностью, успешно выдерживает нагрузки на изгиб, сжатие, хорошо поглощает вибрации.

Некоторые изделия, отлитые из серого чугуна, должны иметь твердую поверхность, например прокатные валки, железнодорожные колеса, бегуны и т. д. В таких случаях отливка производится в металлических формах (кокилях). Соприкасаясь с металлической поверхностью, отливка быстро остывает и получает твердую отбеленную корку. *Отбеленным чугуном* называется чугун, у которого на поверхности имеется структура белого, а в сердцевине — структура серого чугуна.

Кроме основных видов обычного серого литейного чугуна, имеются так называемые *модифицированные чугуны, высокопрочные чугуны* с шаровидным графитом, *легированные серые чугуны,* а также *ковкие чугуны,* которые получают отжигом белого чугуна при температуре около 900° Ковкий чугун относительно вязок, легко обрабатывается режущим инструментом и во многих случаях заменяет стальное фасонное литье.

Серые чугуны маркируются буквами СЧ и цифрами. Первые две цифры обозначают минимальный предел прочности на разрыв, а вторые две цифры — минимальный предел прочности на изгиб. Например, СЧ12-28, СЧ18-36.

§ 4. СТАЛИ

Стали, как и чугун, — это сплавы железа с углеродом, но чугун отличается от стали повышенным содержанием углерода. Стали получают из чугуна путем удаления из него лишнего углерода.

Производство стали. По способу производства стали подразделяются на бессемеровские, томасовские, мартеновские, тигельные и электроплавильные.

Бессемеровские и томасовские стали получают путем продувания воздухом расплавленного чугуна в конверторах, при этом происходит выгорание излишнего углерода. Но одновременно, в процессе продувания, сталь перемешивается и загрязняется шлаковыми включениями и растворенными газами. Такие стали имеют повышенное содержание фосфора и азота, которые увеличивают хрупкость металла.

К недостаткам конверторной плавки относятся также: невозможность переработки металлического лома; необходимость работать на жидком чугуне определенного химического состава; большой угар металла и др. В то же самое время конверторный способ производства стали имеет целый ряд достоинств, а именно: высокую производительность, простоту и дешевизну установок, отсутствие необходимости в топливе, низкую стоимость получаемой стали.

Мартеновский способ позволяет регулировать процесс плавки и получать стали требуемого состава.

Тигельный и электроплавильный способы применяют для получения высококачественных сталей специальных сортов путем переплава стали в тиглях и электропечах.

По способу плавки стали подразделяются на кислые и основные. Кислая сталь содержит меньше окислов и поэтому имеет более высокие механические свойства. При основном способе плавки хорошо удаляются фосфор и сера, поэтому этот способ незаменим при переработке в сталь фосфористых чугунов.

Бессемеровский способ дает кислую сталь, томасовский — основную. Мартеновский способ обеспечивает получение как кислой, так и основной стали.

Марки сталей. По химическому составу стали подразделяются на углеродистые, механические свойства которых определяются процентным содержанием углерода, и специальные (легированные), на механические свойства которых влияют составные элементы: вольфрам, хром, никель, молибден, ванадий, кремний, марганец и др.

По области применения различают стали конструкционные, инструментальные и стали с особыми физическими и химическими свойствами (кислотоупорные, жароупорные, нержавеющие и т. д.).

Качество стали определяется ее чистотой, т. е. малым содержанием вредных примесей и шлака, а также отсутствием дефектов (раковин, трещин и т. д.).

Конструкционные углеродистые стали содержат от 0,05 до 0,63% углерода. Мягкие стали с малым процентом содержания углерода (0,1—0,3%) без затруднений свариваются и режутся

газовым пламенем, легко гнутся, штампуются в холодном состоянии. Но они почти не поддаются закалке.

Стали с более высоким содержанием углерода (0,4—0,6%) очень прочны, упруги, обладают высокой твердостью, подвергаются закалке. Из этих сталей, называемых *машиноподелочными*, изготовляют различные детали машин.

Конструкционные стали делятся на обыкновенные (группа А), повышенного качества (группа Б) и качественные.

Конструкционные обыкновенные стали подразделяются на восемь марок и обозначаются: Ст. 0, Ст. 1, Ст. 2, Ст. 3, Ст. 4, Ст. 5, Ст. 6, Ст. 7 (ГОСТ 380—57). Чем больше номер стали, тем больше она содержит углерода.

Ст. 0 — менее качественная из всех, идет для неответственных деталей.

Ст. 1, Ст. 2 и Ст. 3 очень пластичны и вязки. Они хорошо свариваются, легко куются и штампуются. Из этих сталей делают различные клепаные и сварные конструкции: мосты, фермы, баки, котлы, а также болты, гайки, заклепки, гвозди и т. д. Зубчатые колеса, валики и другие детали, подвергающиеся цементации, также изготовляют из этих сталей.

Ст. 5 и Ст. 6 более прочны, и из них делают детали, от которых в работе требуется высокая прочность, а также валы, оси, бандажи. Эти стали труднее сваривать и штамповать в холодном состоянии, но зато они легко подвергаются закалке.

Конструкционные стали повышенного качества разделяются по методу получения на стали мартеновские и бессемеровские (конверторные) и обозначаются соответственно: МСт. 0, МСт. 1, МСт. 2, МСт. 3, МСт. 4, МСт. 5, МСт. 6, МСт. 7 и БСт. 0, БСт. 3, БСт. 4, БСт. 5, БСт. 6 (ГОСТ 380—57).

Качественные конструкционные стали подразделяются на 14 марок: 08; 10; 15; 20; 25; 30; 35; 40; 45; 50; 55; 60; 65 и 70 (ГОСТ 1050—57). Впереди марок этих сталей букв не ставится. Цифры обозначают сотые доли процента углерода в стали. Качественные конструкционные стали значительно однороднее обыкновенных, но дороже; поэтому они применяются только для ответственных деталей.

Большое влияние на качество стали оказывают различные *легирующие присадки*. Хром повышает твердость, прочность, упругость, жаростойкость, жаропрочность, глубину прокаливаемости стали, а также сопротивляемость коррозии.

Никель увеличивает вязкость, прочность, сопротивление коррозии, электросопротивление, способствует прокаливаемости и самозакаливаемости стали, улучшает ее магнитные свойства.

Вольфрам повышает прочность, твердость, придает стали стойкость при высоких температурах, способствует прокаливаемости и самозакаливаемости.

Ванадий увеличивает прочность, упругость, твердость и вязкость стали.

Молибден повышает прочность, твердость, упругость, химическую стойкость, прокаливаемость и самозакаливаемость стали.

Конструкционные легированные стали содержат до 0,6% углерода и до 5% легирующих элементов. Они применяются для ответственных деталей в автомобильной, авиационной и других отраслях промышленности.

Обозначение марок конструкционных легированных сталей производится по буквенно-цифровой системе. Первые две цифры указывают содержание углерода в сотых долях процента, а следующие за ними буквы обозначают легирующие элементы: Х — хром, Г — марганец, Н — никель, Ф — ванадий, М — молибден, В — вольфрам, Ю — алюминий, С — кремний, Д — медь, К — кобальт и Т — титан.

Содержание легирующих элементов, если оно превышает один процент, указывается после соответствующих букв. Если в конце обозначения марки легированной стали стоит буква А, то это означает, что эта сталь высококачественная.

Например, сталь 12ХН3А — высококачественная, хромоникелевая, содержащая 0,12% углерода, около 1 % хрома и около 3% никеля.

Инструментальные углеродистые стали, содержащие углерод от 0,6 до 1,4%, также делятся на качественные и высококачественные. Они применяются для изготовления различных ударных, режущих и измерительных инструментов. Инструментальные стали после закалки приобретают очень большую твердость и обладают высокой износоустойчивостью. По стандарту они подразделяются на 16 марок: 8 качественных и 8 высококачественных — У7, У7А, У8, У8Г, У8А, У8ГА, У9, У9А, У10, У10А, У11, У11А, У12, У12А, У13 и У13А (ГОСТ 1435—54).

Буква У указывает, что сталь углеродистая, цифра, стоящая после буквы У, показывает десятые доли процента содержания углерода, буква А обозначает высококачественность стали.

Ударный инструмент делают из стали с меньшим содержанием углерода, так как эта сталь менее хрупка. Например, зубила, кузнечные штампы, молотки, топоры изготовляются из стали У7, штампы для холодной штамповки, ножи для резки металлов из стали У8 и У9. Режущий инструмент делают из более твердых марок стали У10 и У12.

Инструментальные легированные стали содержат до 1,5% углерода и значительное количество легирующих добавок, поэтому они обладают высшей стойкостью в работе по сравнению с инструментальными углеродистыми сталями.

Инструментальные легированные стали с особо высоким содержанием легирующих элементов, и в частности вольфрама,

хрома и ванадия, называются *быстрорежущими сталями.* Эти стали способны сохранять твердость при нагреве до 500—600°, допускают большие скорости резания и поэтому употребляются для изготовления резцов, сверл, фрез, метчиков и другого режущего инструмента.

Применяют следующие марки быстрорежущей стали (ГОСТ 5650—51): Р18, Р9, ЭН347, РК5, РК10, Р9К5 (ЭИ705), Р9Ф5 (ЭИ706). Цифры, стоящие после буквы Р, обозначающей «Рапид» — быстрый, показывают процентное содержание вольфрама, а после буквы К — процентное содержание кобальта.

Наиболее широкое распространение в производстве режущего инструмента имеет сталь Р18, обладающая высокой красностойкостью и прочностью. Очень высокой красностойкостью отличаются стали марок РК5 и РК10.

Инструментальные легированные стали марок 5ХГМ и 6ХС обладают повышенной вязкостью и идут на изготовление штампов, ножей для холодной резки металла и другого ударного инструмента. Стали марок 9ХС, ХВ5 и В1 используются для производства сверл, фрез, резцов и других видов режущего инструмента, так как после термической обработки приобретают высокую твердость. Стали марок ХГ и ХВГ, отличающиеся малой деформацией в работе, идут на изготовление измерительного инструмента.

§ 5. ТЕРМИЧЕСКАЯ И ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ

Термическая обработка состоит в изменении физических, механических и технологических свойств металлов и их сплавов под действием нагрева и охлаждения. Основными видами термической обработки являются: отжиг, нормализация, закалка и отпуск.

Под отжигом понимают нагрев стали до определенной температуры, выдержку при этой температуре до полного прогрева изделия и затем, медленное охлаждение. Необходимость отжига связана с тем, что в результате некоторых видов обработки (ковка, штамповка, волочение и др.) металл увеличивает свою твердость. Предшествующая обработка также часто вызывает в металле вредные внутренние напряжения. Все эти дефекты устраняют правильным отжигом. При отжиге структура стали по существу остается неизменной, так как за время медленного охлаждения частицы железа и углерода успевают перегруппироваться так же, как они группировались до отжига, только сталь становится мягкой и вязкой.

Нормализация — операция подобная отжигу, но с более быстрым охлаждением, которое обычно производится на воздухе. В результате нормализации сталь приобретает более мелкозернистую структуру, повышенную прочность и более высокую твердость, чем при отжиге.

Закалка состоит в нагреве стали до определенной температуры (не ниже 750°), выдержке при этой температуре и последующем быстром охлаждении в закаливающей среде.

Сущность закалки заключается в том, что при нагреве до высоких температур сталь изменяет свою структуру. При быстром охлаждении образуется иная группировка частиц железа и углерода в стали, получаются не только еще более мелкие, но и другие по своему строению зерна, в результате сталь становится очень прочной, твердой и менее вязкой. Чем больше в стали углерода, тем лучше происходит закалка.

Для деталей, работающих на износ в условиях ударных нагрузок (зубчатые колеса, валы и т. д.), необходимо иметь неоднородную структуру — мягкую сердцевину и твердый поверхностный слой. В таких случаях применяется поверхностная закалка, при которой изменение структуры происходит на незначительную глубину, только в поверхностном слое.

Чтобы получить поверхностную закалку, необходимо нагревать не всю деталь, а только поверхностный слой, с последующим быстрым его охлаждением.

Отпуск — это вторичный нагрев закаленной стали до температуры не выше 700°, выдержка при этой температуре и последующее охлаждение на воздухе, в масле или воде. Отпуск применяется в целях уничтожения внутренних напряжений, возникающих при закалке, и уменьшения хрупкости металла.

С повышением температуры отпуска понижается твердость закаленной стали, поэтому обычно применяют низкотемпературный отпуск (температура нагрева 180—220°), который снижает хрупкость и внутренние напряжения, но одновременно сохраняет высокую твердость и износоустойчивость стали.

Средний отпуск при температурах 300—500° используется для получения наибольшей вязкости при достаточной прочности и упругости (для шатунов и других деталей).

Обработка холодом. После обычной закалки и отпуска внутриструктурные движения в стали продолжаются еще длительное время и вызывают изменение размеров и формы изделия. Поэтому для ответственных изделий и режущих инструментов проводят так называемую обработку холодом, т. е производят охлаждение подвергнутых закалке и отпуску изделий до температур, лежащих ниже нуля (от —12 до —120°).

Низкие охлаждающие температуры создают при помощи жидкого кислорода, жидкого воздуха, фреона и т. д.

Обработка холодом повышает твердость и стабилизирует размеры и форму изделия. Для снятия возникающих при обработке холодом внутренних напряжений применяют последующий отпуск.

Химико-термическая обработка металлов включает в себя цементацию, азотирование, цианирование, алитирование и др.

Эти операции в отличие от термической обработки характеризуются тем, что в период нагрева изделия производят насыщение его поверхности различными веществами (углеродом, азотом, алюминием и др.) для получения высокой поверхностной твердости при сохранении мягкой сердцевины.

Цементация — процесс насыщения поверхности стального изделия углеродом. Цементация необходима для деталей, работающих на износ при ударных нагрузках (зубчатые колеса, поршневые пальцы и др.). Цементации подвергаются изделия из мягких сталей с малым содержанием углерода — до 0,3%. Цементация производится твердыми, жидкими и газообразными материалами — карбюризаторами.

При твердой цементации поверхностный слой содержит от 0,9 до 1,2% углерода и имеет глубину цементации 0,5—2 *мм.*

Средняя скорость науглероживания 0,1 *мм* в час.

Жидкостная цементация производится погружением изделий в ванны с расплавленными цианистыми солями, поэтому она называется *цианированием.* Глубина цианирования 0,15—0,30 *мм,* содержание углерода 0,4—0,8%.

Газовая цементация осуществляется в печах при температуре 920—940° Этот способ значительно производительнее обычной цементации, так как для получения слоя глубиной 1,1—1,3 *мм* требуется 4—6 час.

После цементации изделия подвергают закалке и отпуску.

Азотирование (нитрирование) — процесс насыщения поверхности изделий, изготовляемых из специальных сталей, азотом для повышения твердости и износоустойчивости.

Перед азотированием изделия подвергаются окончательной механической обработке, оставляется лишь небольшой припуск на окончательное шлифование или полирование. Азотирование происходит в закрытой печи, где изделия нагревают при температуре 500—550° в течение 30—60 час., а затем медленно охлаждают.

При азотировании твердость поверхностного слоя выше, чем при цементации. Азотированию подвергаются клапаны, коленчатые валы, измерительный инструмент и т. д.

Алитирование (алюминизация) — процесс насыщения поверхности стали окисью алюминия для повышения жаростойкости. Алитирование применяют для изделий, работающих при высоких температурах (до 1000°).

§ 6. ТВЕРДЫЕ СПЛАВЫ

Твердые сплавы — это металлические сплавы, обладающие очень высокой твердостью, износостойкостью и способностью сохранять эти свойства при нагреве до высоких температур.

Твердосплавный режущий инструмент позволяет резко увеличить скорости резания и довести их в ряде случаев до 700—800 *м/мин.* Применение твердых сплавов при изготовлении матриц, пуансонов, зубьев экскаваторов, бурильных молотков, ножей для резки металлов и т. д. повышает сроки их службы, сокращает расход металла.

В зависимости от способа получения различают литые и металлокерамические твердые сплавы, зернообразные наплавочные материалы, наплавочные электроды.

Литые твердые сплавы (рэлит, сормайт, стеллит и др.) получают в электропечах. Сплавы этой группы разделяются на два типа: литые тугоплавкие карбиды, применяемые, как правило, только в нефтяном бурении, и сплавы типа стеллитов, которые выпускают в виде литых круглых стержней и применяют для наплавки в струе ацетилено-кислородного пламени на быстроизнашивающиеся детали машин и инструменты. Наплавленные инструменты могут обрабатывать твердые материалы при температуре 500—600° Стойкость наплавленных деталей увеличивается в 5—10 раз.

Металлокерамические твердые сплавы получают путем спекания при температуре 1350—1400° спрессованных мелких тугоплавких карбидов вольфрама и титана с порошкообразным металлом — кобальтом. Основную часть металлокерамических сплавов составляют карбиды (85—97%). Вспомогательный металл играет при этом роль цементирующей связки, обеспечивающей сплаву достаточную прочность и вязкость.

В нашей стране выпускаются три группы металлокерамических сплавов (ГОСТ 3882—62):

сплавы вольфрамовой группы (ВК2, ВК3М, ВК4, ВК4В, ВК6М, ВК6, ВК6В, ВК8, ВК8В, ВК10, ВК15, ВК20, ВК25, ВК30), применяемые для обработки чугуна, стали и неметаллических материалов (пластмасс, резины, фарфора, стекла, камня и т. д.);

сплавы титановольфрамовой группы (Т30К4, Т15К6, Т14К8, Т5К10, Т5К12В), используемые только при обработке стали;

сплавы титанотанталовольфрамовой группы (ТТ7К12), применяемые для резания стальных поковок и отливок по корке с раковинами при наличии песка, шлака и различных неметаллических включений, при неравномерном сечении удаляемого припуска и т. п.

Буквы в марках твердых сплавов означают: В — карбиды вольфрама, К — кобальт, Т — карбиды титана. Цифры после букв показывают процентное содержание данного металла в

сплаве. Например, в твердом сплаве Т5К10 содержится 10% кобальта, 5% карбидов титана и остальное — карбиды вольфрама.

К зернообразным твердым сплавам относят вокар — механическая смесь вольфрама и углерода и сталинит — смесь феррохрома, ферромарганца, чугунной стружки и кокса. Эти сплавы, выпускаемые в виде зерен диаметром 1—3 *мм*, применяются для наплавки деталей, подверженных грубому износу (буровые долота, зубья ковшей экскаваторов и др.).

Электродные твердые сплавы представляют собой куски электродной проволоки длиной 400—500 *мм* и диаметром 3—6 *мм*, обмазанные специальным составом. Наплавка деталей производится электросварочным аппаратом.

Наряду с металлическими твердыми сплавами в производстве режущего инструмента применяют также *минералокерамические* твердые сплавы. Изготовляются они на основе окиси алюминия (Al_2O_3) — корунда путем прессования с последующей термообработкой.

Минералокерамика обладает очень высокой красностойкостью и твердостью, имеет высокую размерную стойкость и обеспечивает получение повышенной чистоты обработанной поверхности; при этом минералокерамика весьма дешева и не имеет в своем составе дефицитных металлов (вольфрама, титана, кобальта).

Режущий инструмент с минералокерамическими пластинками позволяет резко повысить скорости резания. Новаторы-скоростники при чистовой обработке стали и чугуна минералокерамическим инструментом достигли скоростей резания до 1800—2000 *м/мин*. Но минералокерамические твердые сплавы обладают серьезным недостатком. Они очень хрупки (не выдерживают ударных нагрузок) и нестабильны, поэтому их область применения пока несколько ограничена.

В настоящее время организован массовый выпуск минералокерамических инструментальных материалов марок ЦВ (термокорунд) и ЦМ (микролит). Минералокерамику марок ЦВ-13, ЦВ-18 и ЦМ-332 начинают широко использовать в качестве заменителя быстрорежущей стали и твердого сплава при чистовом и получистовом точении стали, чугуна и цветных металлов.

§ 7. ЦВЕТНЫЕ МЕТАЛЛЫ И СПЛАВЫ

Цветные металлы широко применяются в машиностроении как в чистом виде (медь, олово, цинк, свинец, алюминий и др.), так и в виде разнообразных сплавов (бронза, латунь, баббиты, припои, силумин, дуралюмин, электрон и др.).

Медь — мягкий и вязкий металл, обладает высокой электропроводностью; теплопроводностью и антикоррозийной стойкостью, легко поддается обработке давлением в горячем и холодном состоянии.

Медь применяется во всех отраслях промышленности в виде труб, проволоки, прутков, анодов, а также как основа при изготовлении медноникелевых сплавов, бронз и латуни.

Олово — мягкий и вязкий металл серебристо-белого цвета, отличается высокими антикоррозийными свойствами, хорошо переносит обработку давлением, используется для пайки, лужения и производства фольги. Олово входит в состав промышленных сплавов (бронз, баббитов, припоев и др.).

Цинк — хрупкий металл серовато-белого цвета, поддается горячей прокатке, прессованию и волочению. Незаменим в полиграфической промышленности в изготовлении клише, употребляется для оцинкования железных листов и при производстве латуни и припоев.

Свинец — мягкий и вязкий металл синевато-серого цвета, хорошо обрабатывается в горячем и холодном состоянии, отличается высокой кислотоупорностью. Применяется для изготовления травильных ванн, аккумуляторов, кабельных оболочек, плавких предохранителей и др., а также при изготовлении баббитов, свинцовистых бронз, припоев и др.

Алюминий — мягкий и вязкий металл белого цвета, отличается высокой пластичностью, теплопроводностью, электропроводностью и достаточной антикоррозийной устойчивостью. Широко употребляется в электротехнике, авиационной промышленности, в производстве изделий ширпотреба, а также при получении силуминов, дуралюминов и др.

Магний — легкий металл серебристого цвета, в чистом виде не применяется, так как сильно окисляется и имеет низкие механические свойства. Используется в качестве основы магниевых сплавов и входит в состав алюминиевых сплавов.

Сплавы. Из числа медных сплавов наибольшее распространение имеют бронзы и латуни.

Бронзы — это сплавы меди с оловом, свинцом, алюминием, марганцем или кремнием. В зависимости от основного элемента, сплавляемого с медью, бронзы разделяются на оловянистые, свинцовистые, алюминиевые, марганцовистые, кремнистые и др. Олово является дефицитным, дорогостоящим металлом, поэтому наибольшее распространение имеют безоловянистые бронзы.

Бронзы хорошо сопротивляются износу, коррозии, обладают антифрикционными свойствами и поэтому применяются для изготовления подшипников, втулок, вкладышей (БрС30), деталей паровой и водяной арматуры (БрОЦС6-6-3), венцов зубчатых колес (БрАЖМц10-3-1,5) и др.

В частности, вкладыши подшипников скольжения шпинделей шлифовальных и прецизионных станков, работающих при высоких скоростях порядка 5—10 *м/сек* и больших нагрузках более 100 $кГ/см^2$ изготовляются из высококачественного антифрикционного сплава БрС30. Вкладыши подшипников главных шпинде-

лей станков изготовляют из вторичных антифрикционных сплавов БрОЦС6-6-3 и БрОЦС5-5-5.

Состав различных марок бронз расшифровывается следующим образом: Бр — бронза, О — олово, Ц — цинк, С — свинец, Н — никель, т. е. буквы указывают главнейшие элементы, которые входят в сплав. Цифры, стоящие после буквенных обозначений, дают среднее процентное содержание элементов в сплаве. Например, состав бронзы БрОЦСН3-7-5-1: олово — 3%, цинк — 7%, свинец — 5%, никель — 1%, остальное — медь.

Латуни представляют собой сплавы меди с цинком. Эти сплавы с добавкой олова, алюминия, свинца, никеля являются самыми распространенными из цветных сплавов и называются *специальными латунями.* Названные компоненты сообщают сплавам повышенную прочность, твердость, антикоррозийные свойства и улучшают литейные качества. Добавки свинца облегчают обрабатываемость сплавов резанием.

Латуни маркируют буквой Л, за которой следуют цифры, показывающие среднее содержание меди; если в латунь вводится другой элемент, кроме меди и цинка, то в марку входит буква, обозначающая название элемента, и цифра, показывающая среднее его содержание.

Латунь с небольшим содержанием цинка (до 22%) называется *томпаком.* Томпак обладает большой мягкостью и вязкостью и поэтому хорошо поддается ковке, прессовке, штамповке и волочению в холодном и горячем состоянии. Латуни с большим содержанием цинка куются и штампуются только в горячем состоянии.

Латуни широко применяются при изготовлении радиаторов, конденсаторов, в судостроении и машиностроении.

Алюминиевые сплавы нашли широкое применение в различных отраслях народного хозяйства. Они отличаются легкостью при достаточной прочности и вязкости. Основные группы алюминиевых сплавов составляют дуралюмины и силумины.

Дуралюмины — это сплавы алюминия с медью, магнием, кремнием и железом. Для повышения сопротивляемости коррозии в сплав добавляется марганец. Дуралюмины обладают высокой прочностью, твердостью и значительной вязкостью.

Дуралюмины обозначают буквой Д, после которой ставится условный номер сплава. Нормальный дуралюмин марки Д1 используется в виде полос, листов, труб, фасонных профилей и деталей. Дуралюмин повышенной прочности марки Д6 с увеличенным содержанием упрочняющих элементов — меди, магния и марганца — применяется для изготовления наиболее нагруженных элементов каркаса и обшивки самолетов. Дуралюмин высокой прочности марки Д16 хорошо выдерживает холодную гибку, имеет широкий температурный интервал закалки, повышенную

прочность, вязкость в отожженном и термически обработанном состоянии.

Силумины — это сплавы алюминия с высоким содержанием кремния (до 13%), а также меди (до 6,5%), магния (до 0,6%), марганца (до 0,5%). Силумины обладают высокими литейными (малая усадка) и механическими свойствами (значительная прочность, вязкость и малый удельный вес).

Повышение механических свойств силуминов достигается за счет измельчения структуры путем модификации силумина и термической обработки (закалка при 525—535° и длительное старение). Модификация состоит в введении в жидкий сплав при 750—780° металлического натрия или смеси фтористых и хлористых солей натрия.

Литейные алюминиевые сплавы, в том числе и силумины, обозначаются буквами АЛ и условным номером сплава.

Из силумина марок АЛ4, АЛ5, АЛ9 отливают наиболее ответственные и нагруженные в работе детали двигателей — картеры, корпуса, блоки и головки блока.

Магниевые сплавы. Особенностью магниевых сплавов является их легкость. Для отливки фасонных деталей наибольшее распространение имеют сплавы магния с алюминием (до 10%), цинком (до 2%), марганцем и кремнием. Такие сплавы носят название *электронов*.

Магниевые сплавы, являясь очень легкими и прочными, слабо сопротивляются коррозии, поэтому для повышения коррозийной устойчивости к ним добавляют марганец и применяют защитные покрытия (окраска, покрытие лаком и др.). Цинк вводится в магниевые сплавы для улучшения их механических свойств; с этой же целью электроны подвергаются термической обработке (закалке и старению).

Различают две основные группы магниевых сплавов: деформируемые (подвергаемые обработке давлением) и литейные (предназначенные для производства фасонных отливок). Магниевые деформируемые сплавы маркируют буквами МА, а литейные — МЛ; следующие за буквами цифры показывают номер сплава.

Антифрикционные сплавы на основе олова и свинца (баббиты) применяют для заливки подшипников. Назначение этих сплавов — уменьшить трение и износ трущихся поверхностей.

После затвердевания подшипниковый сплав состоит из двух частей: мягкой структурной основы (свинца или олова) и вкрапленных в нее твердых частиц (сурьмы, меди, кадмия, никеля, кальция и др.).

Мягкая основа хорошо прирабатывается к валу, а твердые частицы, на которые опирается шейка вала по мере выработки основы, хорошо выдерживают высокие давления. При этом на

вкладышах образуется сеть мельчайших канальцев, которые удерживают и распределяют смазку. Оловянистый баббит марки Б83 (83% — содержание олова) применяется для подшипников тяжело нагруженных узлов машин (мощных двигателей, турбин, компрессоров и др.), малооловянистый баббит Б16 и безоловянистый БК — в менее нагруженных узлах.

Баббитовые сплавы широко применяются для подшипников шлифовальных станков, рабочие шпиндели которых испытывают большие удельные давления и развивают высокие скорости.

В последнее время в целях экономии дефицитных олова и свинца в качестве антифрикционных материалов начинают применять текстолит, бакелизированную древесину, различные пластмассы, антифрикционные серые чугуны и другие материалы.

§ 8. КОРРОЗИЯ МЕТАЛЛОВ

Коррозией называется разрушение металла в результате воздействия окружающей среды (воздуха, воды, химических продуктов и их паров). Коррозии в большей или меньшей степени подвержено большинство металлов, за исключением так называемых благородных металлов (золота, платины и др.).

При коррозии на поверхности металлов в результате их взаимодействия с кислородом образуется окисная пленка. Чем выше влажность воздуха, резче перепады температур, чем выше давление и температура, тем интенсивнее идет окисление. Наличие в помещении химических реактивов (кислот, солей, щелочей и др.) убыстряет этот процесс.

Различают *химическую и электрохимическую коррозии.* Первая происходит в результате воздействия на металл сухих газов или жидкостей, не проводящих электрический ток (образование окисной пленки при нагреве металла, окисление меди на воздухе и т. д.).

Электрохимическая коррозия возникает от воздействия на металл жидкостей, проводящих электрический ток (разрушение металлов в результате воздействия кислот, солей и др.).

Коррозия может распространяться на всю поверхность — это так называемая *равномерная коррозия*; местная коррозия характеризуется разрушением металла на отдельном участке. *Интеркристаллитная* (внутрикристаллическая) коррозия вызывает нарушение связи между отдельными зернами металла и соответственно понижает его прочность.

К применяемым в настоящее время методам борьбы с коррозией относятся:

1) неметаллические покрытия (краски, лаки и смазывающие вещества), защищающие поверхности металлов от окисления;

2) металлические покрытия оловом (лужение), алюминием (алитирование), никелем (никелирование), хромом (хромирование), цинком (цинкование) и др., образующие на поверхности основного металла изделия защитную антикоррозийную пленку;

3) химические покрытия (оксидирование, фосфатирование, воронение), получаемые путем воздействия на металл кислотами, растворами солей и т. д., в результате чего поверхность металла покрывается защитными окисными пленками;

4) легирование сплавов путем ввода в них хрома, никеля, титана, вольфрама, молибдена и др., которые образуют на поверхности металла прочную пленку, препятствующую коррозии.

При шлифовальных операциях большое значение имеет межоперационная защита деталей от коррозии. С этой целью применяют промывку отшлифованных изделий в водных растворах эмульсола и последующее их хранение в этом растворе в течение 3—5 дней. Более широкое распространение в качестве средства межоперационной защиты от коррозии имеет раствор триэтаноламина и нитрита натрия. Промытые в этом растворе детали просушиваются на воздухе, после чего на поверхности металла остается защитная пленка.

В тех случаях, когда хранение в водных растворах или под пленками этих растворов неприемлемо, детали хранят в закрытых емкостях с селикагелем. Использование селикагеля основано на том, что он обладает свойством поглощать влагу из атмосферы, влажность воздуха в закрытом пространстве с селикагелем настолько снижается, что процессы коррозии не могут протекать.

В последнее время широко используют летучие замедлители — ингибиторы коррозии — вещества, которые препятствуют окислению металлов. В качестве ингибиторов применяются нитриты аммония, двойные нитриты аммония и меди, аминоспирты и их соединения с кислотами и др. Наибольшее распространение из ингибиторов получили карбонат моноэтаноламина (МЭАК), нитрит дициклогексиламина (НДА), циклогексиламинкарбонат (ЦГАК).

§ 9. НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

Наряду с металлами в машиностроении широко применяют неметаллические материалы — древесину, резину, стекло, пластические массы, различные вспомогательные материалы и т. п.

Древесные материалы в виде древесины, шпона, фанеры и древесных пластиков используют как конструктивные материалы. Преимуществами древесины являются ее малый удельный вес, прочность, малая теплопроводность, легкая обрабатываемость, способность поглощать удары вследствие своей упругости.

Древесину применяют для изготовления моделей в литейном производстве, для изготовления фрикционных деталей (вкладышей подшипников и т. п.), кузовов автомашин, различной аппаратуры (чанов, растворомешалок и т. д.).

Недостатками древесины являются загниваемость, горючесть, высокая и постоянно меняющаяся влажность. Для повышения стойкости против гниения древесину подвергают пропитке антисептиками, а также покрывают лаками и красками.

Техническая резина — продукт химического превращения (вулканизации) каучука — широко применяется в промышленности при изготовлении уплотняющих колец, мембран, амортизаторов, камер, автомобильных шин и т. д.

Армированная резина используется для изготовления гибких рукавов, приводных ремней, транспортерных лент и т. д. Из твердой резины — эбонита — делают аккумуляторные баки, штурвалы, различные детали электро- и радиоаппаратуры.

Пластические массы получают на основе искусственных и естественных смол и их смесей с различными другими веществами. Изделия из пластмасс могут формоваться различными методами (прессованием, литьем под давлением и т. п.).

Все пластмассы делятся на два основных вида: термопластичные и термореактивные.

К *термопластичным материалам* относится большинство полимеризационных пластиков (полиэтилен, полистирол, полиамиды, полиэфиры и др.). Из этих пластмасс легко изготовлять изделия наиболее современными и экономичными способами: литьем под давлением, экструзией (выдавливанием), каландрированием.

К *термореактивным пластикам* относятся фенопласты, аминопласты и некоторые другие материалы. Из этих пластмасс изделия получают обычно путем прессования под давлением.

Пластмассы обладают высокими физико-химическими и механическими свойствами: малым удельным весом, достаточной прочностью, высокой химической стойкостью, способностью образовывать тонкие пленки, хорошими фрикционными свойствами одних и антифрикционными свойствами других пластмасс.

В промышленности широко распространены такие виды пластмасс, как слоистые пластики на основе фенолоальдегидных, полиэфирных, эпоксидных и других смол. Слоистые пластики получают пропиткой хлопчатобумажных или стеклянных тканей синтетическими смолами с последующим их прессованием. Они применяются в производстве подшипников и зубчатых колес.

Фенопласты изготовляются из фенолоальдегидных смол с использованием таких порошковых наполнителей, как древесная и кварцевая мука, слюда и др. Изделия из фенопластов не размягчаются при нагреве, не поддаются действию горячих масел и органических растворителей, поэтому они широко применяются

в автомобильной, радиотехнической и авиационной промышленности.

К вспомогательным материалам относятся смазывающие вещества, смазочно-охлаждающие жидкости, прокладочные материалы и т. п.

Смазывающие вещества служат для уменьшения трения между движущимися деталями машин, а следовательно, и для уменьшения расхода энергии и износа трущихся частей, а также для предохранения деталей от коррозии.

В качестве смазывающих материалов употребляются:

1) минеральные масла (из нефти, бурого и каменного угля, горючих сланцев) — наиболее распространенные и дешевые смазочные материалы;

2) растительные масла (льняное, хлопковое, репейное и др.) — довольно дорогостоящие смазывающие вещества, сравнительно быстро высыхают и разлагаются на составные части, поэтому чаще применяются в смеси с минеральными маслами;

3) густые смазочные вещества (тавот и др.), состоящие из смеси мыла с маслами, служат для смазки сильно нагруженных поверхностей при малых скоростях движения трущихся деталей.

Смазочно-охлаждающие жидкости оказывают положительное влияние на процесс обработки металлов резанием, повышают производительность процесса шлифования.

Смазочно-охлаждающие жидкости представляют собой масляные, водно-масляные и водные среды, керосин и другие смеси различных составов. Масляные жидкости более эффективны в качестве смазки, так как они уменьшают количество тепла, образующегося при резании металла, а водные растворы, являясь охлаждающей средой, более интенсивно отводят образовавшееся тепло.

Прокладочные материалы обеспечивают плотное соединение деталей с целью предотвращения утечки жидкостей и газов в местах соединения. К ним относятся: резина, бумага, фибра, кожа, картон, пакля и др.

§ 10. ОСНОВНЫЕ ВИДЫ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ

Для изготовления деталей машин и других изделий существуют различные виды обработки металлов: литье, штамповка, ковка, обработка резанием и др.

Литейное производство. Литые заготовки выполняются путем заливки расплавленного металла в литейную форму, конфигурация которой соответствует изготовляемой детали. Отливки получают из чугуна, стали и сплавов и применяют или в качестве вполне готовых деталей, или в качестве заготовок для последующей механической обработки.

Для получения отливки необходимы модель и стержневой ящик. Модель по внешнему виду в большинстве случаев соответствует наружной форме отливаемой детали. В стержневом ящике из стержневой смеси изготовляют стержень, который по внешней форме соответствует внутренней части отливки.

Материалом для моделей и стержневых ящиков служат в мелкосерийном производстве дерево, глина и цемент, а в массовом — алюминиевые сплавы.

Форму, в которую заливают металл, обычно изготовляют из формовочной смеси в двух рамах, называемых опоками. Основными материалами для формовочных смесей служат формовочный песок, имеющий однородную структуру, глина и вода. Формовка смеси может производиться ручным или машинным способом.

Существует несколько видов получения отливок. При *кокильном литье* применяют металлические формы (кокили). В отличие от разовых земляных форм, которые служат один раз и при выбивке разрушаются, металлические формы используют длительное время.

При *центробежном литье* жидкий металл вводится в быстровращающуюся форму, отбрасывается под действием центробежных сил к стенке формы и затвердевает, образуя внутреннюю полость цилиндрической формы. Этот способ широко применяют для получения труб, втулок и т. д.

Литье под давлением осуществляют в металлической форме. При этом способе металл под давлением воспроизводит тончайшие очертания формы. Литье под давлением применяется при массовом производстве мелких фасонных тонкостенных деталей, приборов и т. д.

Точное литье по выплавляемым моделям применяют для производства мелких деталей в готовом виде (без последующей механической обработки).

Литье в оболочковые формы позволяет сокращать количество формовочных материалов, освобождает от применения опок и дает точные отливки с высокой чистотой поверхности, вследствие чего во многих случаях отпадает надобность механической обработки. Этот метод литья применяют в массовом и серийном производстве.

Главными видами брака при литье являются раковины, трещины, коробление, рыхлость и пористость. Наружные газовые раковины легко обнаруживают по выходящим на поверхность отливки пустотам. Холодные трещины в виде тонких волосовин характеризуются светлым изломом. Горячие трещины имеют небольшую глубину и отличаются рваным видом и окисленной поверхностью.

Обработка металлов давлением основана на использовании пластических свойств металла. Различают холодную и горячую

обработку металлов давлением. Нагревательные устройства, в которых осуществляют нагрев металла для горячей обработки давлением, разделяются на нагревательные печи и электронагревательные устройства.

Печи бывают пламенные, в которых температура нагрева получается за счет сжигания жидкого, твердого и газообразного топлива, и электрические, где нагрев производится электроэнергией. Электронагревательные устройства отличаются от электропечей тем, что при их помощи тепло возникает непосредственно в самой нагреваемой заготовке.

Основными видами обработки металлов давлением являются прокатка, волочение, прессование, свободная ковка и штамповка.

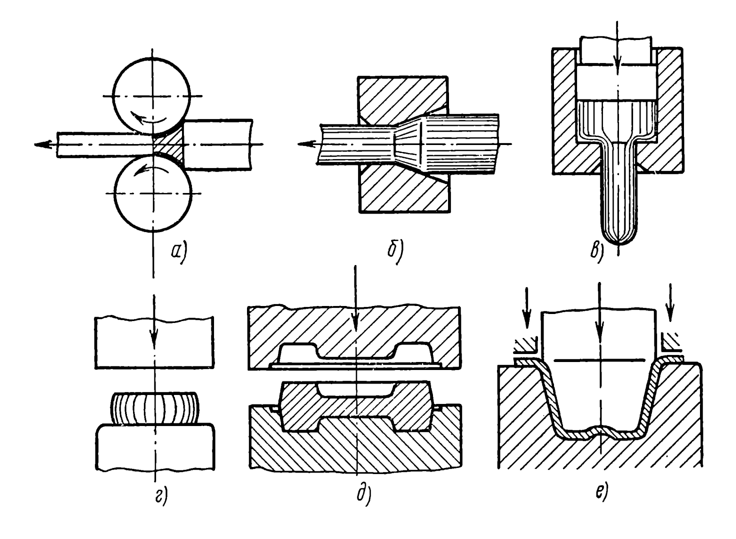


Рис. 4. Обработка металлов давлением:
а — прокатка, *б* — волочение, *в* — прессование, *г* — свободная ковка, *д* — объемная штамповка, *е* — листовая штамповка

Прокатка (рис. 4, *а*). Катаные заготовки получают путем пропускания холодного или нагретого металла между вращающимися валками прокатного стана, в результате чего происходит изменение формы, уменьшение поперечного сечения и увеличение длины заготовки.

Получаемая после проката продукция может использоваться или как готовое изделие (трубы, рельсы, балки) или служить заготовкой для последующей обработки ковкой, штамповкой, резанием.

Волочение (рис. 4, *б*) применяют для получения проволоки диаметром от 0,01 до 6 *мм*, калиброванных прутков и тон-

костенных труб и представляет собой процесс деформации металла в холодном состоянии путем протягивания обрабатываемой заготовки через отверстие меньшего диаметра, чем ее сечение. Изделия после волочения получают гладкую поверхность и точные размеры.

Прессование (рис. 4, *в*). Для получения прутков и сложных профилей, не требующих отделочных операций, применяют обработку металла прессованием, при которой металл под большим давлением выдавливают из замкнутой полости через отверстие, в результате чего получается изделие, сечение которого соответствует профилю этого отверстия.

Прессование производится на горизонтально-гидравлических прессах с давлением до 6000—10 000 *т*.

Ковка. Ковка подразделяется на два вида: свободная ковка и штамповка.

При свободной ковке деформация металла происходит под действием удара молота, причем металл имеет возможность течь только в стороны по поверхности бойка, при штамповке металл принимает формы штампа.

При свободной ковке и штамповке происходит изменение как формы, так и структуры обрабатываемого металла. Полученная методом ковки заготовка называется поковкой.

Свободная ковка (рис. 4, *г*) состоит из нескольких основных операций: осадки, вытяжки, прошивания отверстий, гибки, рубки, закручивания и сварки. Обработка металла ведется в нагретом состоянии на ковочных молотах и прессах.

Для приближения размеров и формы поковки к размерам и форме готовой детали применяется штамповка — ковка в штампах. Штамп представляет собой стальную форму, в которой имеется полость-ручей, соответствующий конфигурации изготовляемой поковки.

При штамповке резко сокращается расход металла, повышается производительность и достигается значительно бóльшая точность размеров и чистота поверхности, чем при свободной ковке.

Штамповка подразделяется на горячую и холодную, объемную (рис. 4, *д*) и листовую (рис. 4, *е*). Объемная штамповка производится на молотах, ковочных машинах и прессах, листовая — на прессах.

Основными видами дефектов поковок и других горячедеформируемых заготовок являются трещины, расслоение (разрывы металла), флокены и т. д. Флокены имеют вид белых резко очерченных пятен с мелкозернистой поверхностью, по цвету резко отличающихся от основного фона излома.

Кроме выявления дефектов по внешним признакам применяют специальные методы исследования заготовок, к которым относятся: микро- и макроскопический методы, рентгеновский ана-

лиз, магнитный метод исследования, исследование ультразвуком и т. д.

Обработка металлов резанием. Обработка металлов резанием происходит путем срезания стружки с обрабатываемой заготовки для получения детали с формой, размерами и точностью, соответствующими чертежу.

Процесс резания осуществляется различным режущим инструментом на металлорежущих станках: токарных, фрезерных, строгальных, шлифовальных и др.

Процесс обработки резанием наружных и внутренних диаметров деталей называется точением и производится на токарных станках. Токарные станки подразделяются на токарные, токарно-винторезные, револьверные, лобовые, карусельные, многорезцовые одношпиндельные и многошпиндельные автоматы и полуавтоматы и т. д.

Основным режущим инструментом при работе на токарных станках является резец. В зависимости от вида работы применяют различные виды резцов: проходные, расточные, подрезные, отрезные, резьбовые, фасонные, галтельные и т. д.

На токарных станках обрабатываемая деталь имеет вращательное движение, резец — поступательное.

Обработка отверстий сверлами, зенкерами, развертками осуществляется на вертикальных, радиальных и горизонтальных сверлильных станках. На этих станках режущий инструмент, как правило, имеет главное вращательное движение и осевое перемещение. На горизонтально-сверлильных станках вращается деталь, инструмент имеет поступательное движение.

Обработка плоскостей различных деталей (круглых и некруглых), пазов, шпоночных канавок, зубьев шестерен и т. д. происходит на фрезерных станках: горизонтально-фрезерных, универсально-фрезерных, вертикально-фрезерных, шпоночно-фрезерных и т. д.

При фрезеровании фрезе сообщается вращательное движение, а обрабатываемой детали — поступательное. В зависимости от типа работы применяют цилиндрические, торцовые, дисковые и другие фрезы.

Строгание на строгальных станках осуществляется продольным движением резца с поперечным перемещением (подачей) детали.

Нарезание резьбы производят метчиками, плашками, резцами и другим инструментом.

Сварка металлов. Сваркой называется способ неразъемного соединения металлов и сплавов.

Металл при сварке доводят до температуры плавления или до пластического состояния. Местное расплавление свариваемых частей осуществляется двумя видами энергии — химической и электрической.

Химическая сварка подразделяется на горновую, газовую и термитную. Электрическая сварка подразделяется на дуговую и контактную. Различают сварку ручную, полуавтоматическую и автоматическую.

Сварные швы по расположению свариваемых деталей могут быть стыковыми, угловыми, тавровыми, в нахлестку (рис. 5).

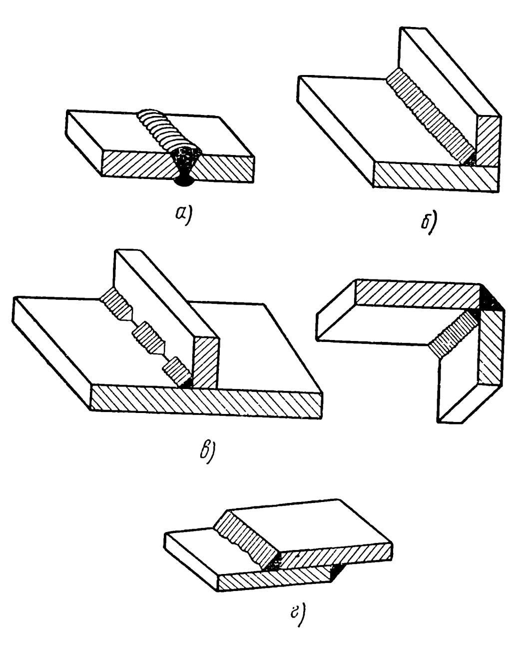


Рис. 5. Виды сварных швов:
а — стыковой, *б* — угловой, *в* — тавровый, *г* внахлестку

При сварке в сварных соединениях могут возникнуть дефекты. Эти дефекты представляют собой поры, трещины, прожоги, неравномерности шва по размерам и т. д.

Понятие о слесарной обработке металлов. Слесарная обработка — обработка металлов в холодном состоянии, выполняемая в основном ручным способом при помощи различных режущих инструментов.

К слесарным работам относятся: разметка, гибка, правка, разрубка, резание металла ножовкой, опиливание, сверление, нарезание резьбы плашками и метчиками, шабрение, клепка, паяние, лужение и т. д.

Кроме того, в слесарные работы входят ремонт и сборка различного оборудования, узлов, механизмов и приспособлений, установка паропроводов, отопительных систем, а также выполнение водопроводных, газопроводных, сантехнических и других работ.

В слесарных работах применяют различный инструмент: молотки, зубила, напильники, шаберы, отвертки, гаечные ключи, ножовки, сверла, метчики, плашки, паяльники и т. д.

Слесарные работы требуют от рабочего универсальности, т. е. умения пользоваться различными инструментами и выполнять многочисленные операции, различные по сложности и точности.

Глава II

ЧТЕНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

§ 11. ПОНЯТИЕ О ЧЕРТЕЖАХ И ЭСКИЗАХ

Конструктор выражает свою мысль в виде графических изображений машины, узла или детали, которые называют *чертежами.* Чтобы все технические работники могли понять мысль конструктора и выполнить замысел его, чертежи должны быть сделаны определенными, общепринятыми приемами и с условными обозначениями, регламентированными ГОСТ. Руководствуясь основными законами построения чертежей, можно правильно выполнять и читать чертежи, т. е. понимать то, что изображено графически на чертеже или эскизе.

Эскизами называют чертежи, выполненные от руки на глаз. Эскизы служат материалом для разработки рабочих чертежей, а также для непосредственного изготовления по ним деталей. На эскизах определяются и указываются все данные, которые имеются на чертеже.

Основными чертежами, применяемыми на производстве, являются *рабочие чертежи.* По рабочему чертежу рабочий должен уметь изготовить деталь, чтобы ее форма, размеры, чистота поверхности были такими, какие заданы конструктором.

При проектировании новых машин вначале разрабатывают чертежи схем машин. Они дают общее представление о работе машины и называются *чертежами эскизного проекта.*

По чертежам эскизного проекта изготовляют чертежи общих видов и сборочные чертежи, которые называются *чертежами технического проекта.* По чертежам технического проекта разрабатывают рабочие чертежи.

Рабочие чертежи должны содержать:

1) необходимые проекции, виды и разрезы, характеризующие форму детали;

2) все размеры, необходимые для изготовления детали;

3) допуски на размеры или посадки в буквенном обозначе-

нии либо класс точности, по которому выполняются свободные размеры;

4) знаки чистоты обработки поверхностей детали;

5) указания по обработке, которая должна выполняться после сборки или при сборке данной детали с другими;

6) особые указания по обработке отдельных поверхностей, например резьбы, зубчатых поверхностей и др.;

7) указания о термообработке;

8) указания о материале детали;

9) указания о твердости материала заготовки и готовой детали;

10) указание о количестве штук данных деталей в одном изделии;

11) технические условия, в которых оговариваются особые требования к детали, например параллельность определенных поверхностей, конусность, некруглость и т. п., данные об особенности обработки, закалки и т. п.

§ 12. ВИДЫ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ЧЕРТЕЖАХ

Изображение детали, узла или машины на чертеже должно быть выполнено по методу прямоугольного проектирования.

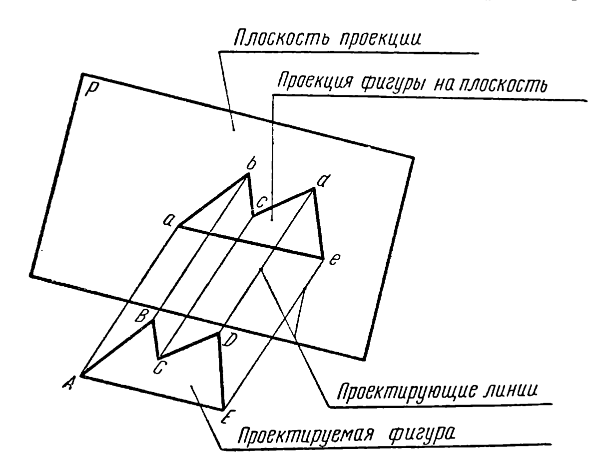


Рис. 6. Проекция фигуры на плоскость

Прямоугольное проектирование заключается в том, что деталь устанавливают перед плоскостью проекции и через определенные точки детали проводят лучи, перпендикулярные к плоскости проекции, соединяя точки пересечения лучей с плоскостью, получают отражение — проекцию данной детали на плоскость.

На рис. 6 изображена проекция фигуры на плоскость. Через вершины *ABCDE* проведены прямые, перпендикулярные плоскости. На плоскости проекций соединение точек *a, b, c, d, e* образует проекцию фигуры.

При изображении объемной детали одна проекция не всегда может дать полное представление о детали. Поэтому деталь изображается в 2, 3, 4, 5 и 6 проекциях. При этом считают, что деталь всегда находится между глазом человека и плоскостью, на которую проектируют деталь.

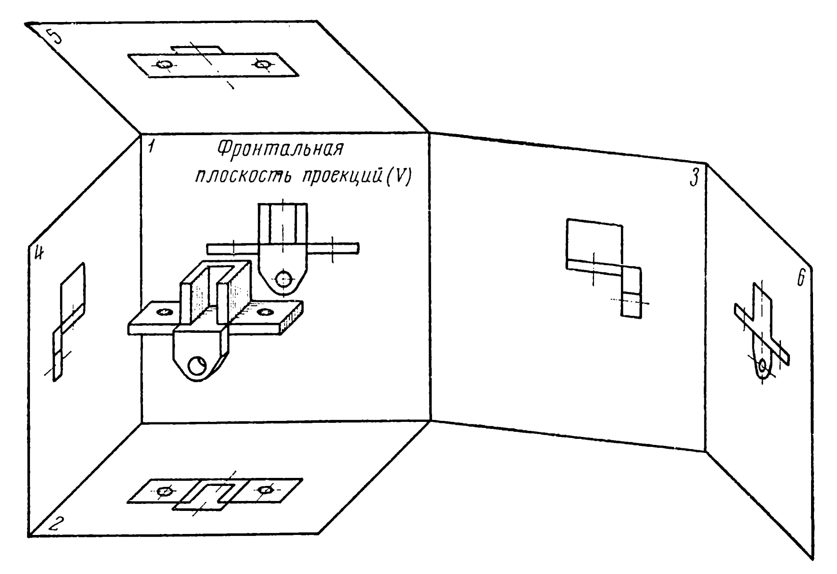


Рис. 7. Проекции детали на шесть граней

Представим себе, что деталь находится в центре куба и мы на каждую грань куба сделаем проекцию детали. Развернув грани куба в одну плоскость, получим развертку шести плоскостей проекций. На рис. 7 изображены проекции детали на 6 граней (по ГОСТ 3453—59).

Изображение на грань *1* — фронтальную плоскость — принимается в качестве главной проекции, на которой деталь должна быть изображена так, как она работает в узле. Это вид спереди. Изображение на грань *2* — вид сверху, на грань *3* — вид слева, на грань *4* — вид справа, на грань *5* — вид снизу и на грань *6* — вид сзади.

Если деталь сложная и при проектировании на основные плоскости проекций размеры и форма отдельных наклонных поверхностей получаются искаженными, то дают проекцию на допол-

нительную плоскость, параллельную этим наклонным поверхностям; такие проекции называются дополнительными видами. На чертеже они обозначаются надписями «Вид А» и стрелками, показывающими откуда мы смотрим на этот вид.

Выполнять на чертеже очень большие и очень малые детали в натуральную величину не всегда удобно, поэтому приходится увеличивать или уменьшать изображение с сохранением соотношений габаритов деталей и их натуральных размеров.

Масштабом называется отношение линейных размеров изображения предмета на чертеже к их натуральной величине. Согласно ГОСТ 3451—59 установлены следующие обозначения масштаба изображений на чертежах: М1 1; М1 : 2; М2 1 и т. д., где М — масштаб; первая цифра (числитель) указывает размер изображения на чертеже; вторая цифра (знаменатель) — размер детали в натуре.

Так, в обозначении М1 : 2 указывается, что размеры изображения на чертеже в два раза меньше размеров натуры; М2 1 — размеры изображения на чертеже в два раза больше размеров натуры.

Ниже указаны масштабы, принятые по ГОСТ 3451—59.

Масштабы уменьшения: 1 : 2; (1 : 2,5); (1 4); 1 5; 1 10; (1 15); 1 : 20; 1 25; 1 50; (1 75); 1 : 100 и т. д.

Масштабы увеличения: 2 1; (2,5 : 1); 5 : 1; 10 : 1; 20 : 1 и т. д.

Масштабы, указанные в скобках, не рекомендуются.

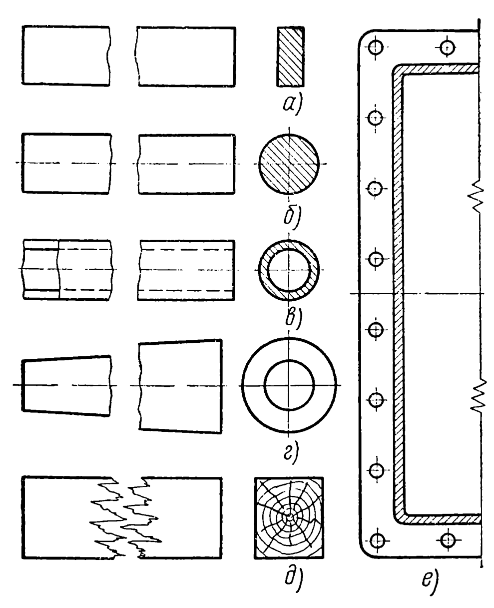


Рис. 8. Линии обрыва:
а, б, в и *г* — металла, *д* — дерева, *е* — длинных деталей

§ 13. ЛИНИИ ЧЕРТЕЖА

Каждая линия на чертеже имеет свое назначение. Сплошные толстые линии показывают видимый контур изображаемого предмета. Они являются как бы главными линиями чертежа. Линии меньшей толщины, пунктирные, штрихпунктирные и другие показывают невидимый контур, оси тел вращения, центры окружностей, размерные линии, штриховку разрезов и сечений. ГОСТ 3456—59 устанавливает виды линий и их назначение (табл. 1).

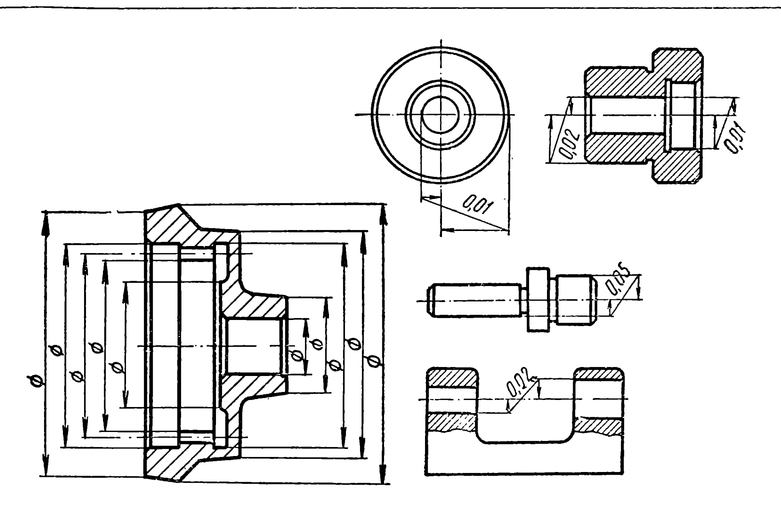


Рис. 9. Простановка диаметров на чертеже

Рис. 10. Знаки несоосности

∇6 Остальное

∇5

а)

∇9
∇7
∇7
ф100-0,03

б)

80
∇10
∇5
ф55-0,050
ф55-0,24
250-0,7

в)

Рис. 11. Знаки чистоты поверхности:

а — общий для всех поверхностей, *б* — на поверхностях с различной чистотой, *в* — на участках различной чистоты одной поверхности

§ 15. ПОНЯТИЕ О СЕЧЕНИИ. ВИДЫ СЕЧЕНИЙ

В очертаниях контуров детали не всегда удается достаточно ясно показать все необходимые элементы. Поэтому пользуются методом сечений, представляющим отдельные места деталей с наибольшей наглядностью.

Сечением называется изображение, получаемое при воображаемом рассечении предмета одной или несколькими плоскостями.

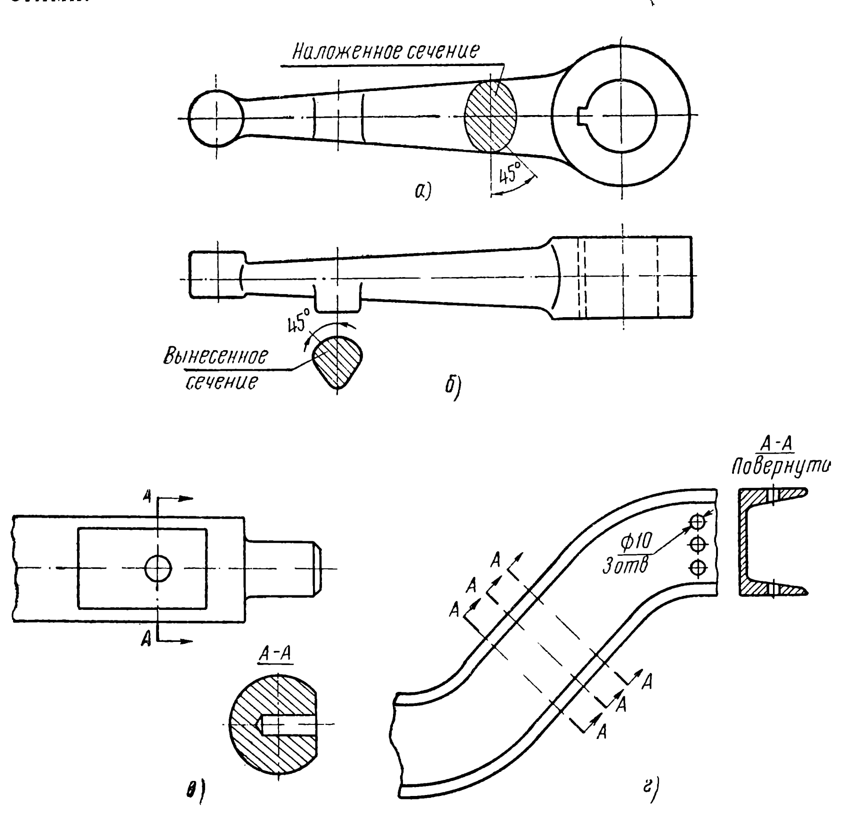


Рис. 12. Сечения:

а — наложенное, *б* — вынесенное, *в* — вынесенное со стрелками, *г* — через ребро, расположенное под углом

Рассекать детали плоскостями нужно так, чтобы сечение получалось в нормальной поперечной плоскости.

Различают сечения *вынесенные* и *наложенные*. Наложенное сечение изображается на том месте детали, где проходит плоскость сечения (рис. 12, *а*). Вынесенное сечение располагают вне контура детали (рис. 12, *б*).

Иногда линия сечения детали обозначается разомкнутой толстой линией со стрелками, указывающими направление взгляда, с двумя прописными буквами (рис. 12, *в*). В случае совпадения линии сечения с осью симметрии вынесенного или наложенного сечения, линия сечения указывается штрихпунктирной линией без обозначения буквами и стрелками (рис. 12, *б*).

При сечениях через ребро, расположенное под углом, допускается поворот сечения. Тогда к надписи добавляется слово «Повернуто» (рис. 12, *г*). Если имеется несколько одинаковых сечений, где секущие плоскости направлены под разными углами, то слово «Повернуто» к обозначению не добавляется.

§ 16. ПОНЯТИЕ О РАЗРЕЗАХ

Разрезы, как и сечения, служат для наглядности изображения, для передачи невидимых внутренних очертаний предметов. *Разрезом* называется условное изображение предмета, мысленно

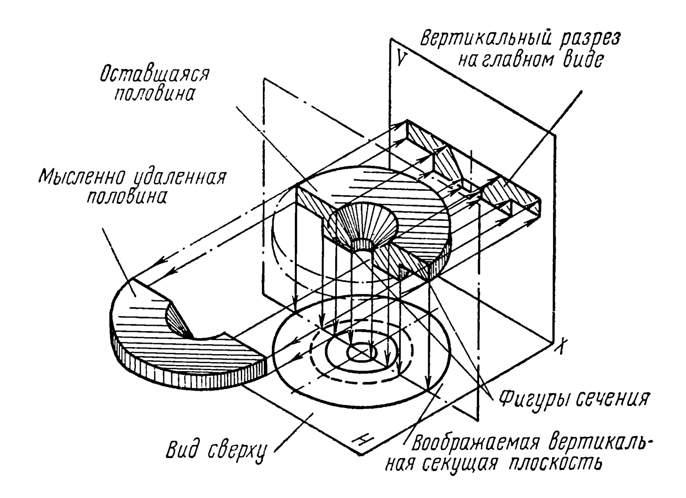


Рис. 13. Разрез

расчлененного одной или несколькими плоскостями, причем часть предмета, находящаяся между глазом наблюдателя и секущей плоскостью, мысленно удалена. На разрезе изображается то, что находится в секущей плоскости, и то, что расположено за ней (рис. 13).

Различают вертикальные, горизонтальные и наклонные разрезы. При *вертикальном разрезе* секущая плоскость перпендикулярна горизонтальной плоскости проекций (рис. 14, *а* и *б*), при *горизонтальном* — секущая плоскость параллельна горизон-

тальной плоскости проекций (рис. 14, *в*), при *наклонном* — секущая плоскость составляет с горизонтальной плоскостью проекций угол, не равный прямому (рис. 14, *г*).

Если секущая плоскость параллельна фронтальной плоскости проекции, то разрез называется *фронтальным* (рис. 14, *а*); если она параллельна профильной плоскости, то разрез называют *профильным* (рис. 14, *б*).

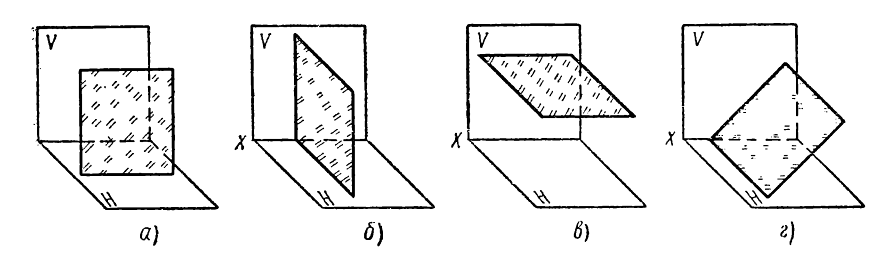


Рис. 14. Способы получения разрезов:
а — вертикальный фронтальный, *б* — вертикальный профильный, *в* — горизонтальный, *г* — наклонный

Горизонтальные и вертикальные разрезы можно помещать на местах соответствующих видов или выносить отдельно, показывая стрелками и буквами направление взгляда наблюдателя.

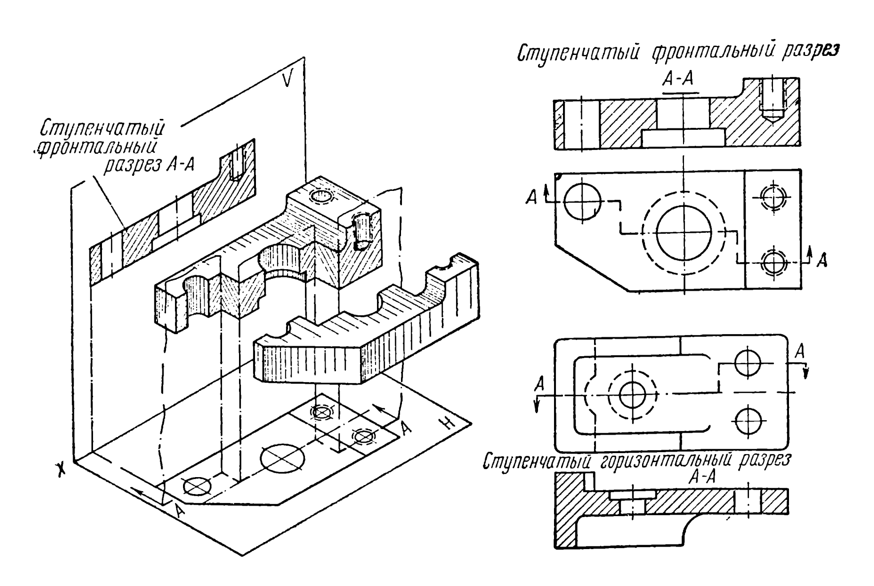


Рис. 15. Ступенчатые фронтальный и горизонтальный разрезы

Различают простые и сложные разрезы. *Простые разрезы* получаются от рассечения детали одной секущей плоскостью, *сложные* — при рассечении детали двумя и более секущими плоскостями.

Сложный разрез, полученный при помощи параллельных секущих плоскостей, называют *ступенчатым* (рис. 15), а при помощи двух секущих плоскостей, расположенных под углом, — *ломаным* (рис. 16).

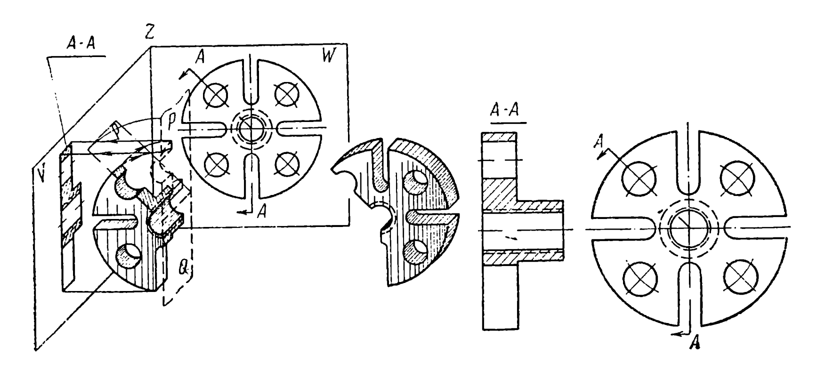


Рис. 16. Ломаный профильный разрез

Разрез, не доходящий до оси симметрии детали, называется *местным*.

При образовании простого или сложного разреза, когда секущая плоскость проходит по оси или вдоль длинного ребра, вдоль спицы, диска или тонкой стенки, эти спицы, диски и тонкие стенки показываются разрезанными, но от остальной части детали они разделяются отдельной линией и не заштриховываются.

§ 17. ИЗОБРАЖЕНИЕ РЕЗЬБЫ И ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

Изображение резьбы. Резьбовые поверхности разделяются на две группы — крепежную резьбу и ходовую, или отсчетную.

Крепежная резьба применяется для соединения двух или нескольких деталей, *ходовая резьба* служит для передачи движения в механизмах. К крепежным резьбам относятся метрическая, дюймовая, трубная.

Метрическая резьба выполняется по ГОСТ 8724—58 (рис. 17, *а*). Она имеет профиль равностороннего треугольника с углом при вершине 60°, а расстояние между вершинами резьбы (шаг) измеряется в миллиметрах.

Дюймовая резьба характеризуется количеством витков, приходящихся на длину одного дюйма (25,4 *мм*). Профиль резьбы

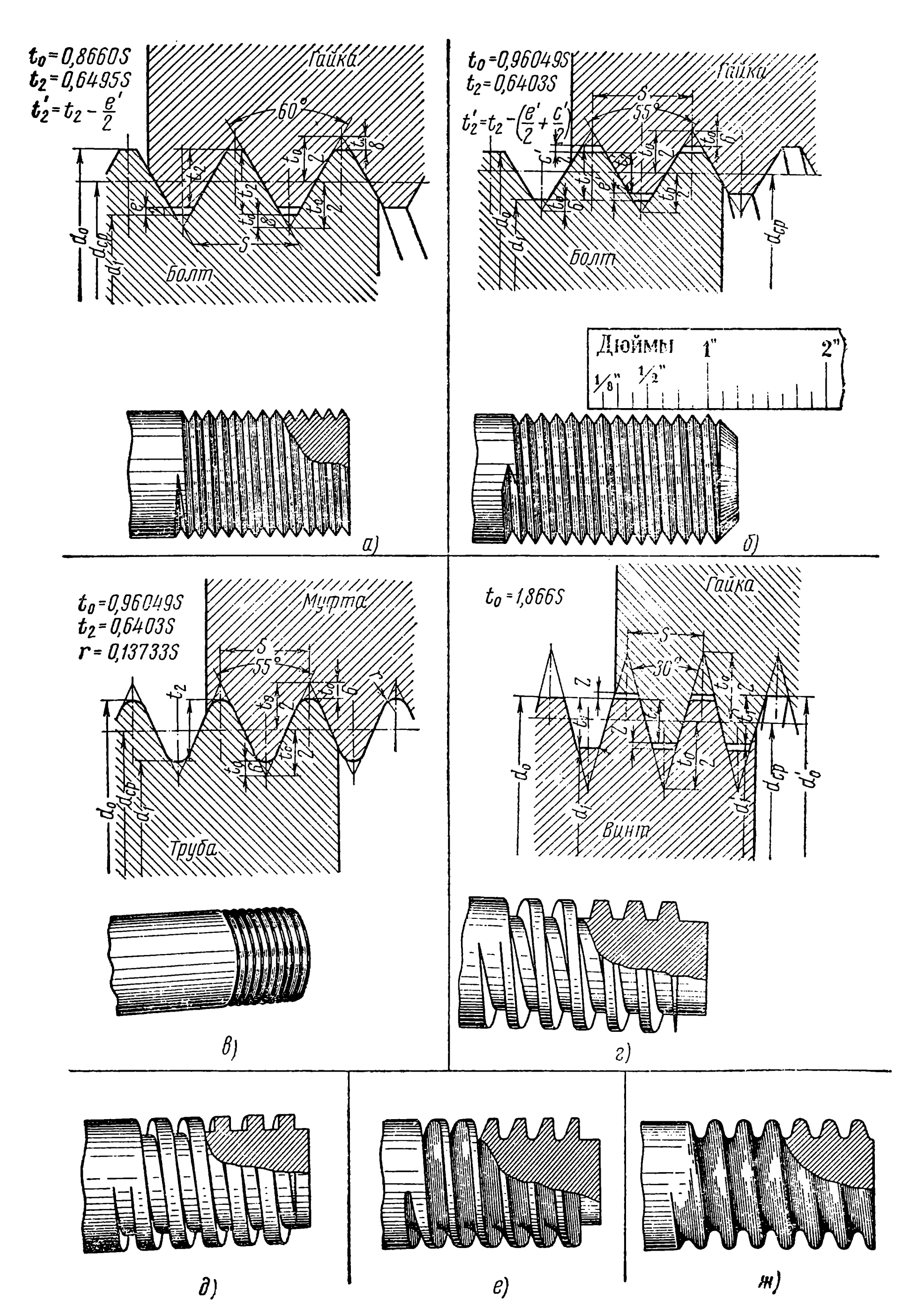


Рис. 17. Виды резьб:

а — метрическая, *б* — дюймовая, *в* — трубная, *г* — трапецеидальная, *д* — прямоугольная, *е* — упорная, *ж* — круглая

представляет собой равнобедренный треугольник с углом при вершине 55° (рис. 17, *б*).

Трубная резьба имеет закругленную вершину профиля (рис. 17, *в*) и малую глубину, что позволяет нарезать ее на тонкостенных изделиях; применяется она для получения плотных соединений.

Ходовые резьбы применяют для приведения в движение суппортов, кареток, столов и других частей различных станков. Виды ходовых резьб (трапецеидальной, прямоугольной и др.) приведены на рис. 17 *г, д, е* и *ж*.

При необходимости профиль резьбы дается в разрезе или выполняется отдельно. К изображению резьбы приводится надпись, характеризующая данную резьбу: М — метрическая, Труб. — трубная, КТруб. — коническая трубная, Трап. — трапецеидальная, Уп. — упорная.

Цифры, стоящие за буквенными обозначениями, показывают диаметр и через знак умножения — шаг резьбы. Например, метрическая резьба диаметром 24 *мм* и шагом 2 *мм* имеет обозначение М24×2. Кроме того, указывается класс точности резьбы, и если она выполняется с левой нарезкой, то добавляется «лев».

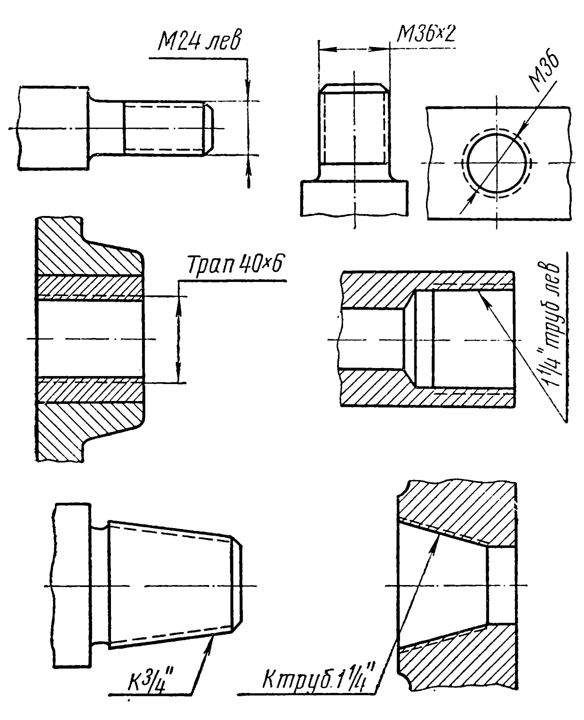


Рис. 18. Обозначение резьбы

Например, Трап. 40×6 лев — резьба трапецеидальная, однозаходная, наружный диаметр 40 *мм*, шаг 6 *мм,* левая.

Для дюймовой, конической и трубной резьбы указывается лишь наружный диаметр в дюймах, например, Труб. 1″ — резьба трубная, диаметр 1″ Размер резьбы на чертежах ставится по ее наружному диаметру (рис. 18).

Изображение зубчатых колес. Элементы зубчатых колес и примеры их изображения даны на рис. 19, *а*.

Сплошной линией показывают окружность выступов головок зубьев. Условная окружность, которая разделяет головки зубьев от ножек, называется начальной окружностью.

В зависимости от вида передач зубчатые колеса делятся на цилиндрические, конические и червячные (рис. 19, *а, б, в*). Зубчатые колеса могут иметь правое и левое направление зубьев.

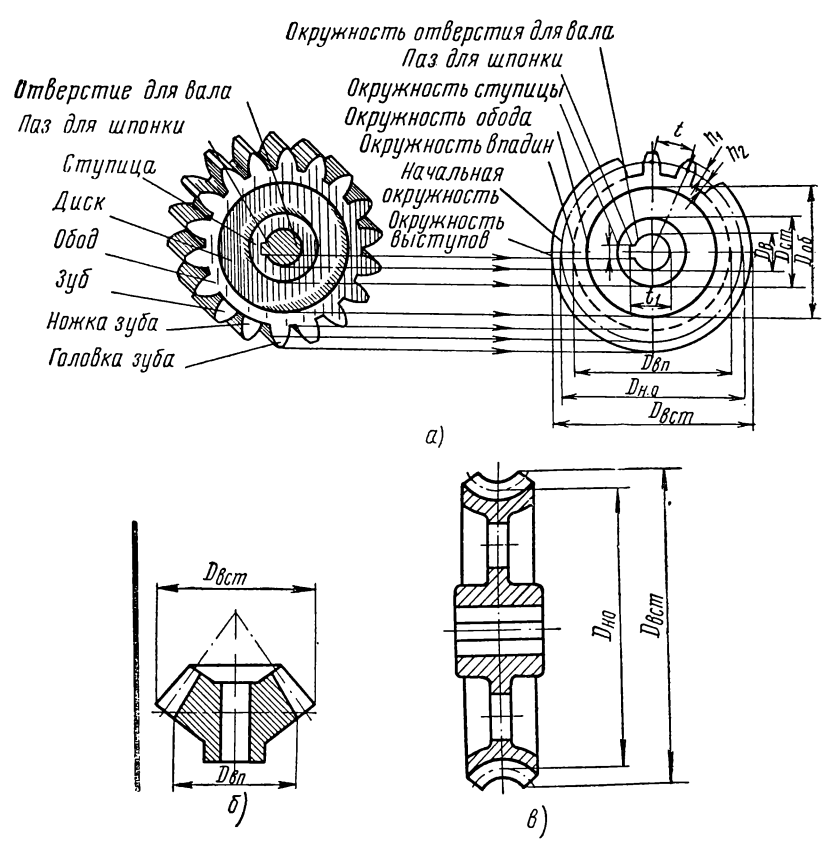
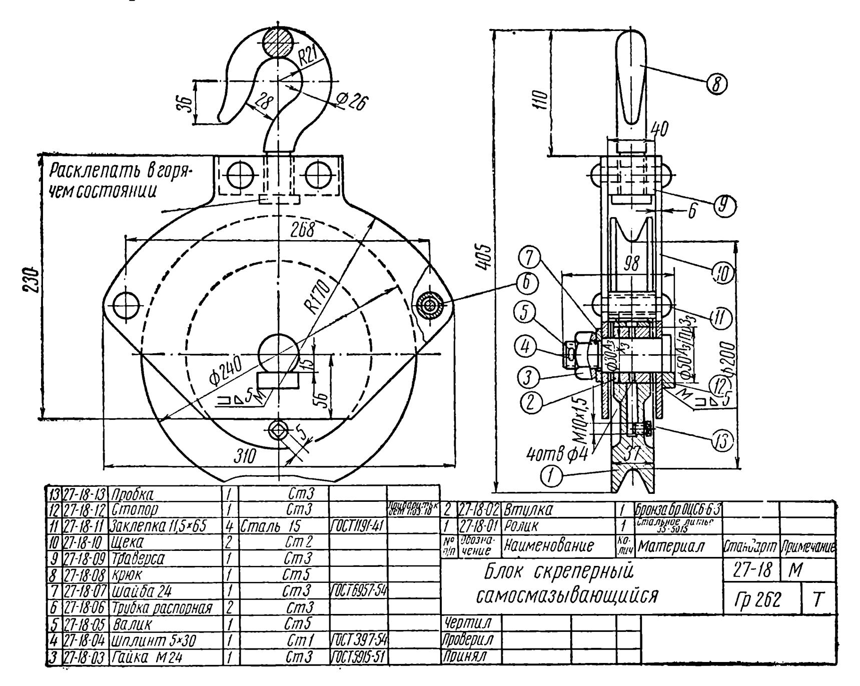


Рис. 19. Изображение зубчатых колес:
а — цилиндрического, *б* — конического, *в* — червячного

§ 18. СБОРОЧНЫЕ ЧЕРТЕЖИ

На сборочном чертеже (рис. 20) изображается узел или полностью все изделие в необходимом количестве видов с нужными сечениями и разрезами, наносятся габаритные размеры и размеры сопряжения деталей (посадки) с предельными отклонениями (допусками) и даются указания об обработке деталей в процессе сборки.



№ п/п	Обозначение	Наименование	Кол.	Материал	Стандарт	Примечание
13	27-18-13	Пробка	1	Ст3		
12	27-18-12	Стопор	1	Ст3		[illegible]
11	27-18-11	Заклепка 11,5×65	4	Сталь 15	ГОСТ1191-41	
10	27-18-10	Щека	2	Ст2		
9	27-18-09	Траверса	1	Ст3		
8	27-18-08	Крюк	1	Ст5		
7	27-18-07	Шайба 24	1	Ст3	ГОСТ6957-54	
6	27-18-06	Трубка распорная	2	Ст3		
5	27-18-05	Валик	1	Ст5		
4	27-18-04	Шплинт 5×30	1	Ст1	ГОСТ 397-54	
3	27-18-03	Гайка М24	1	Ст3	ГОСТ5915-51	
2	27-18-02	Втулка	1	Бронза бр.ОЦС6-6-3		
1	27-18-01	Ролик	1	Стальное литье 35-5015		
№ п/п	Обозначение	Наименование	Кол.	Материал	Стандарт	Примечание

Блок скреперный самосмазывающийся	27-18	М
	Гр 262	Т
Чертил		
Проверил		
Принял		

Рис. 20. Сборочный чертеж

Сборка деталей может производиться с помощью сварки. Сварные швы, получаемые электродуговой сваркой, обозначаются на чертежах буквой Э, газовой сваркой — Г, контактной сваркой — КТ, в среде защитных газов — З.

Места сварки деталей указывают на чертежах значком, похожим на стрелку с полкой, рядом с которой пишется условный знак сварного шва и способа сварки. Обозначения видимых швов проставляют над полкой, невидимых — под полкой.

Детали на сборочных чертежах имеют порядковые номера или условные обозначения, которые выносятся тонкими линиями и помещаются вне контура детали на полках или в кружках.

Особые требования — *технические условия* — к узлу или изделию приводят в правом углу сборочного чертежа. Они содержат правила приемки и методы испытания, указания о маркировке и клеймении, о противокоррозийном или декоративном покрытии, настройке, регулировке, упаковке, указания о хранении, транспортировке и т. п.

В правом нижнем углу чертежа помещается штамп, а над ним спецификация. В спецификации проставляют по порядку номера всех деталей, их условные обозначения, наименования, количество данных деталей в узле или изделии, материал деталей и примечания.

Читать сборочные чертежи нужно так же, как и рабочие чертежи, т. е. разобраться раньше всего в видах, затем в соединениях деталей, размерах и других требованиях к узлу или изделию.

§ 19. ОБОЗНАЧЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ И УЗЛОВ НА СХЕМАХ

В ряде случаев на чертеже указывают не конструктивное выполнение деталей и узлов, а только принцип устройства и передачи движения к отдельным деталям или узлам. Такие чертежи называются *кинематическими схемами.*

На кинематических схемах виды движений, детали и их соединения показываются в виде условных обозначений, приведенных на рис. 21 (согласно ГОСТ 3462—52).

Характер движений:

1 — прямолинейное поступательное в одну сторону.

2 — вал, валик, ось, стержень и т. п.

3 — неподвижная опора для стержня, движущегося возвратно-поступательно.

Подшипники скольжения и качения на валу: *4* — общее обозначение; *5* — качения радиальный шариковый; *6* — качения упорный односторонний.

Пяты скольжения и качения: *7* — общее обозначение.

Соединение детали с валом: *8* — свободное; *9* — при помощи скользящей шпонки; *10* — при помощи глухой шпонки.

Соединения двух деталей: *11* — свободное; *12* — при помощи скользящей шпонки; *13* — при помощи глухой шпонки.

Соединения двух валов: *14* — глухое; *15* — эластичное.

Кулачковые муфты сцепления: *16* — односторонняя; *17* — двухсторонняя.

Фрикционные муфты включения: *18* — общее обозначение. *19* — колодочный тормоз; *20* — плоский кулачок; *21* — храповой механизм; *22* — маховик на валу.

Шкивы: *23* — рабочий шкив на валу; *24* — холостой; *25* — ступенчатый.

Ременные передачи: *26* — прямая ременная передача; *27* — передача с клиновидным ремнем; *28* — цилиндрические внешние зубчатые зацепления (общее обозначение); *29* — реечное зацепление (общее обозначение); *30* — коническое зубчатое зацепле-

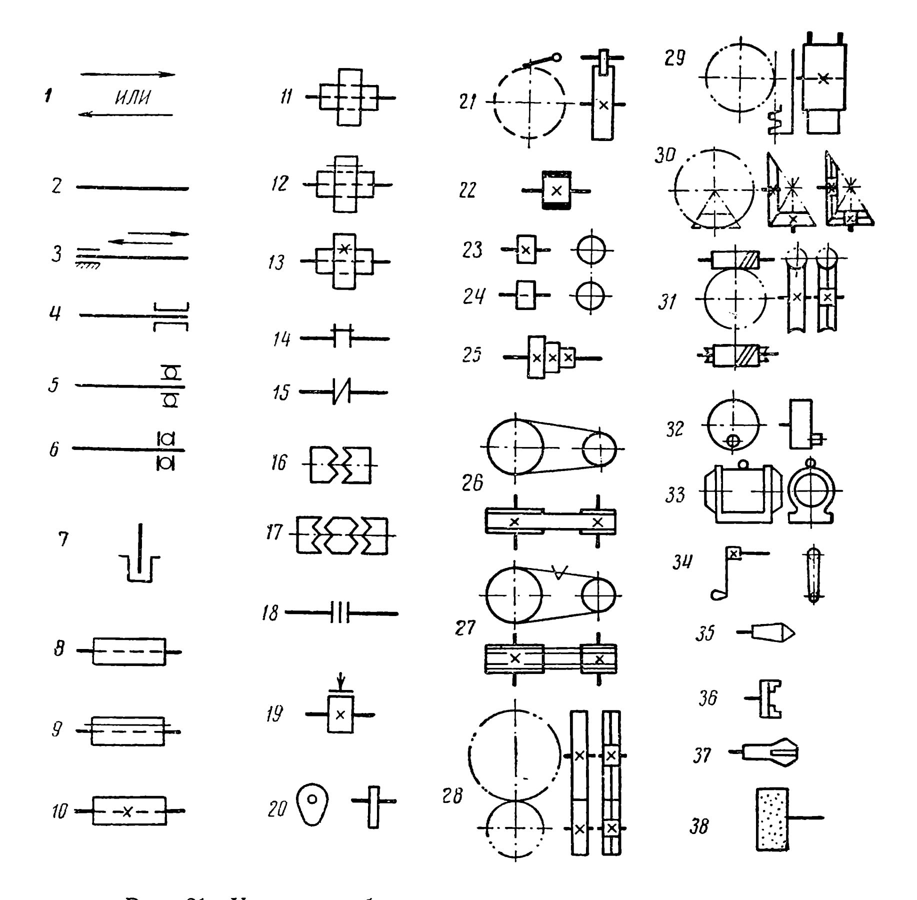


Рис. 21. Условные обозначения на кинематических схемах

ние (общее обозначение); *31* — червячная передача (общее обозначение);

32 — эксцентрик; *33* — электродвигатель; *34* — рукоятки. Концы шпинделей металлорежущих станков для работ: *35* — центровых; *36* — патронных; *37* — прутковых; *38* — шлифовальных.

Кроме кинематических схем, существуют *гидравлические схемы* станков и различных механизмов, передача движений в которых происходит гидравлическими устройствами с помощью

жидкости. Гидравлические схемы показывают движение потоков жидкости под действием различных типов гидронасосов.

Схема гидросистемы шлифовального станка рассматривается в гл. VII.

§ 20. ПРАВИЛА ЧТЕНИЯ ЧЕРТЕЖЕЙ

Чтение чертежа производится в определенной последовательности в 4 этапа:

1) изучение графических видов, разрезов и сечений детали. Определение значения сплошных и штриховых линий, а также отдельных элементов детали для ясного представления ее наружной и внутренней формы;

2) изучение размеров, допусков и знаков чистоты обработки поверхности детали;

3) изучение технических требований на деталь и их анализ;

4) ознакомление с материалом, количеством, весом и другими сведениями, указанными в угловом штампе чертежа.

§ 21. ОБМЕР ДЕТАЛЕЙ

Для составления эскизов и чертежей готовых деталей производят их обмер, т. е. снятие размеров с детали при помощи мерительных инструментов.

При обмере детали пользуются стальной линейкой, кронциркулем, нутромером, угломером. Более точное измерение дают штангенциркуль, микрометр, штихмас, миниметр и другие инструменты.

При измерении наружных и внутренних поверхностей штангенциркулем можно получить точность измерения в пределах от 0,1 *мм* до 0,02 *мм*.

Микрометр измеряет детали с точностью до 0,01 *мм*.

Более подробно об измерительных инструментах и методах измерения смотрите в главе IV

Измерение и простановка размеров производится от установочных и измерительных баз. Поверхность детали, которая используется для установки детали относительно режущего инструмента, называется *установочной базой,* та поверхность, от которой производят измерение, — *измерительной.* Для увеличения точности изготовления детали желательно, чтобы эти базы совмещались в одной.

Глава III

ПОНЯТИЕ О ДОПУСКАХ И ПОСАДКАХ

§ 22. ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТЬ ДЕТАЛЕЙ

Каждая машина, прибор, механизм состоят из узлов и деталей, которые соединены различными способами. При сборке детали иногда дополнительно обрабатывают для пригонки друг к другу. Чем точнее изготовлены детали, тем меньше требуется пригоночных работ.

Некоторые детали машин быстро изнашиваются и их приходится часто менять. Замена деталей необходима также при их поломке и по другим причинам.

Детали и узлы машин, изготовленные с точностью, при которой они устанавливаются на место без дополнительной пригонки, называются *взаимозаменяемыми*. Взаимозаменяемость деталей является основой организации не только массового, но и других видов производства.

Взаимозаменяемость создает ряд преимуществ при изготовлении и эксплуатации машин:

1) сокращается время на обработку деталей и снижается себестоимость за счет использования специальных или специализированных приспособлений (универсально-наладочные приспособления — УНП и универсально-сборные приспособления — УСП) и возможности организации серийного производства;

2) сокращается время сборки, уменьшаются площади сборочных участков, создаются условия для механизации и автоматизации процессов сборки;

3) упрощается и удешевляется ремонт машин;

4) появляется возможность широкой кооперации производств, изготовляющих различные детали для одной машины.

Для соблюдения взаимозаменяемости деталей существуют нормали и стандарты.

Нормализация — это установление единых норм и требований по типам, маркам, размерам и качеству изделий. Нормали-

зация проводится в масштабе одного предприятия или отрасли промышленности.

Стандартизация устанавливает уровень норм и требований к физическим и размерным величинам, сырью и продукции массового производства на основе общих мер и взаимозаменяемости. Стандартизация оформляется в виде Государственных стандартов (ГОСТ) и охватывает производство всей страны в целом.

§ 23. ПОНЯТИЕ О ТОЧНОСТИ ОБРАБОТКИ

Под точностью изготовленной детали понимают степень приближения ее действительного размера и формы к тем значениям, которые указаны в чертеже. Взаимозаменяемые детали должны иметь наименьшие размерные отклонения.

Степень точности обработки детали определяется требованиями к ее отдельным поверхностям. Например, у зубчатого колеса наружная цилиндрическая поверхность не соприкасается с поверхностью ножки зуба и потому нет надобности в особенно тщательной обработке ее. Отверстие зубчатого колеса, сопрягающееся с валом, обрабатывается с более высокой точностью. Диаметры шеек вала, на которые надеваются подшипники, должны быть обработаны также очень точно.

Таким образом, точность обработки деталей полностью определяет их взаимозаменяемость и пригодность для работы в том или ином узле машины.

§ 24. НОМИНАЛЬНЫЕ, ДЕЙСТВИТЕЛЬНЫЕ И ПРЕДЕЛЬНЫЕ РАЗМЕРЫ

Сопряжение деталей

Две детали, соединяемые друг с другом неподвижно или подвижно, называются *сопрягаемыми.* Размеры поверхностей, по которым эти детали соединяются, называются *сопрягаемыми размерами,* а размеры, по которым не происходит соединений, — *свободными.* Например, внутренний диаметр шлифовального круга и диаметр фланца шпинделя, на который надевается круг, являются сопрягаемыми размерами. Наружный диаметр и высота плоского круга являются свободными размерами.

Одна из сопрягаемых деталей охватывает другую, поэтому в соединении деталей различают охватываемую деталь и охватывающую. При соединении вала со втулкой вал — охватываемая, втулка — охватывающая детали.

В соединениях деталей охватываемую деталь условно называют валом, а охватывающую — отверстием. Так, например, в соединении шпинделя с подшипниками шпиндель — это вал, под-

шипник — отверстие. В соединении шпоночной канавки на валу с призматической шпонкой шпонка является валом, а шпоночная канавка — отверстием.

Номинальные размеры. При расчете сопряжения деталей определяют общий размер для двух сопрягаемых поверхностей. Этот размер называется *номинальным.* Номинальные размеры деталей при конструировании назначаются с учетом имеющихся размеров режущего инструмента (сверла, метчики, развертки и т. д.), ходовых типоразмеров подшипников, болтов и т. д.

Это требование привело к возникновению стандартных рядов номинальных размеров диаметров и длин (ГОСТ 6636—60). Ряды эти строятся по геометрической прогрессии, т. е. каждый последующий размер, начиная со второго, равен предыдущему размеру, умноженному на постоянное число, называемое *знаменателем прогрессии.* Знаменатели прогрессии следующие: $\sqrt[5]{10}$; $\sqrt[10]{10}$; $\sqrt[20]{10}$; $\sqrt[40]{10}$.

Соответственно в ГОСТ 6636—60 имеются 4 нормального ряда размера: Ra5; Ra10; Ra20; Ra40. Например, для ряда Ra40 имеются следующие стандартизованные размеры (в *мм*): 1,0; 1,05; 1,1; 1,15; 1,2; 1,3; 1,4; 1,5; 1,6; 1,7; 1,8; 1,9; 2,0; 2,1; 2,2; 2,4; 2,5; 2,6; 2,8; 3,2; 3,4; 3,6; 3,8; 4,0; 4,2; 4,5; 4,8; 5,0; 5,2; 5,5; 6,0; 6,3; 6,5; 7,0; 7,5; 8,0; 8,5; 9,0; 9,5.

При переносе запятой вправо или влево получаем соответственно ряд размеров больших или меньших от 0,001 *мм* до 20 000 *мм*. Например: 10; 10,5; 11; 11,5; 12; 13; 14 и т. д. или 0,1; 0,105; 0,110; 0,115 и т. д.

Полученное по расчету значение размера конструктор должен округлить до ближайшего размера нормального ряда. Округлению не подлежат межоперационные размеры (т. е. размеры деталей с припусками для последующих обработок).

Действительные и предельные размеры. Наряду с номинальными размерами деталей существуют действительные и предельные размеры.

Действительным размером называют размер, полученный измерением готовой детали с наибольшей точностью, достигаемой в данном производстве.

При сборке деталей действительные размеры вала и отверстия должны обеспечивать требуемое соединение; поэтому действительные размеры колеблются в ограниченных пределах.

Предельными размерами называют наибольший и наименьший размеры, между которыми может колебаться действительный размер, чтобы обеспечить требуемую точность соединения деталей.

Например, если указан диаметр вала ⌀ 20±0,1 *мм,* то ⌀ 20 *мм* — номинальный размер, ⌀ 20,1 *мм* — наибольший предельный размер, ⌀ 19,9 *мм* — наименьший предельный размер;

т. е. если действительный размер детали будет находиться между ∅ 19,9 *мм* и ∅ 20,1 *мм,* то будет обеспечено необходимое соединение деталей.

В справочниках обычно приводят верхние и нижние предельные отклонения размеров, причем верхнее отклонение представляет разность между наибольшим предельным и номинальным размерами, а нижнее предельное отклонение — разность между наименьшим предельным и номинальным размерами. В нашем примере верхнее отклонение составляет 20,1 — 20=0,1 *мм* и нижнее 19,9 — 20,0=—0,1 *мм.*

§ 25. ДОПУСКИ

Разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами называется *допуском* на размер детали. Допуск показывает, в каких пределах может колебаться номинальный размер детали.

Например, обрабатывается вал ∅ $40\pm^{0,027}_{0,037}$ *мм.* В данном случае:

∅ 40 *мм* — номинальный размер;
∅ 40,027 *мм* — наибольший предельный размер;
∅ 39,963 *мм* — наименьший предельный размер;
+0,027 *мм* — верхнее отклонение от номинального размера;
—0,037 *мм* — нижнее отклонение от номинального размера.

Допуск рассчитывается так:

1) 40,027 — 39,963=0,064 *мм* или
2) 0,027 — (—0,037) =0,027+0,037=0,064 *мм.*

Действительные размеры вала должны находиться в пределах от ∅ 39,963 *мм* до ∅ 40,027 *мм.*

Допуск на размер всегда величина положительная, а отклонения могут быть положительные, равные нулю, и отрицательные.

Разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами называют *полем допуска.*

§ 26. ЗАЗОРЫ И НАТЯГИ

Зазоры. При соединениях отверстия с валом, когда диаметр отверстия больше диаметра вала, вал в отверстие войдет свободно, так как между поверхностями будет зазор.

Зазором называют положительную разность между диаметром отверстия и диаметром вала. Когда имеется несколько одинаковых деталей (валов и отверстий) одного и того же номинального размера и допусков, то в соединениях деталей может быть разный по величине зазор.

Наибольший зазор будет в соединении, если отверстие выполнено по наибольшему предельному размеру, а вал — по наи-

меньшему. Наименьший зазор будет, когда отверстие изготовлено по наименьшему предельному размеру, а вал — по наибольшему предельному размеру.

Например, при соединении вала $\varnothing\,45_{-0{,}017}$ *мм* и отверстия $\varnothing\,45^{+0{,}150}_{+0{,}032}$ *мм* предельные размеры составят:

для вала: наибольший — $\varnothing$ 45,000 *мм*; наименьший — $\varnothing$ 44,983 *мм*;

для отверстия: наибольший — $\varnothing$ 45,150 *мм*, наименьший — $\varnothing$ 45,032 *мм*.

Наибольший зазор будет равен 45,150 — 44,983 = 0,167 *мм*; наименьший зазор равен 45,032—45,000 = 0,032 *мм*.

Натяг. В тех случаях, когда требуется обеспечить неподвижное соединение вала и отверстия, вал изготовляют несколько большего размера, чем отверстие. Эта разность размеров представляет собой натяг.

Натягом называется отрицательная разность между диаметром отверстия и диаметром вала.

Наибольший натяг получится, если вал выполнен по наибольшему предельному размеру, а отверстие — по наименьшему. Наименьший натяг будет в соединении, в котором вал выполнен по наименьшему предельному размеру, а отверстие — по наибольшему предельному размеру.

Например, при соединении вала $\varnothing\,45_{-0{,}017}$ *мм* и отверстия $\varnothing\,45^{-0{,}025}_{-0{,}050}$ *мм* предельные размеры составят:

для вала: наибольший — $\varnothing$ 45,000 *мм;* наименьший — $\varnothing$ 44,983 *мм;*

для отверстия: наибольший — $\varnothing$ 44,975 *мм;* наименьший — $\varnothing$ 44,950 *мм.*

Наибольший натяг будет равен 44,950—45,000 = —0,050 *мм*; наименьший натяг — 44,975 — 44,983 = —0,008 *мм*.

§ 27. ПОСАДКИ

Характер соединения двух сопряженных деталей называется *посадкой.* По назначению посадки бывают неподвижные и подвижные.

Подвижные посадки характеризуются зазором. Чем больше зазор, тем легче перемещение одной детали по другой.

Неподвижные посадки разделяют на прессовые и переходные. Прессовые посадки обеспечивают неподвижность деталей путем принудительной запрессовки вала в отверстие (до запрессовки диаметр вала несколько больше диаметра отверстия).

Переходные посадки создают неподвижность сопряженных деталей посредством крепежных деталей. Поэтому у них диаметр вала может быть несколько больше, равен или даже меньше чем

диаметр отверстия, т. е. в этих соединениях в одних случаях может быть зазор, в других — натяг. При малых зазорах или натягах в соединениях достигается бо́льшая точность совпадения осей отверстия и вала. Таким образом, переходные и прессовые посадки обеспечивают соосность вала и отверстия. На рис. 22 показано, как выполняются размеры валов и отверстий для получения различных посадок:

I — диаметр отверстия больше диаметра вала. Такое соединение обеспечивает подвижную посадку. Здесь поле допусков на отверстие находится над полем допуска вала.

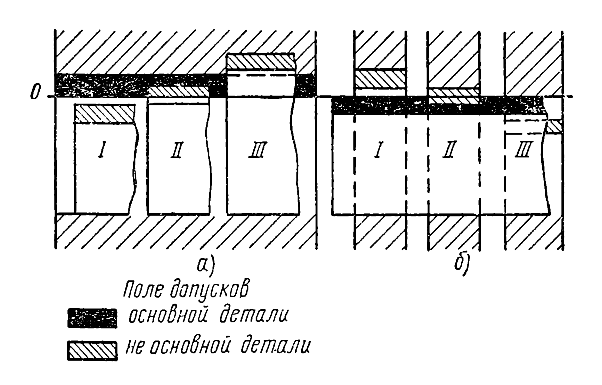


Рис. 22. Система посадок:
а — по системе отверстия, *б* — по системе вала

II — диаметр отверстия и диаметр вала могут образовывать как зазоры, так и натяги небольшие по величине. Это переходные посадки. Поле допуска отверстия и поле допуска вала частично или полностью совмещаются.

III — диаметр вала больше диаметра отверстия. В этом случае образуются прессовые посадки. Поле допусков вала находится над полем допусков отверстия, т. е. при любых действительных размерах диаметров валов и диаметров отверстий в соединении гарантируется натяг.

Как подвижные, так и неподвижные посадки могут быть выполнены с зазорами и натягами бо́льшими или меньшими по величине. Например, для вращения шпинделя шлифовального станка в подшипниках нужно иметь зазор меньший и, следовательно, посадку более тугую, чем при монтаже шлифовального круга на фланец шпинделя станка.

По ГОСТ 7713—55 в отечественном машиностроении применяют следующие посадки (в скобках даются их сокращенные обозначения):

Прессовые		Переходные		Свободные	
Горячая	(ГР)	Глухая	(Г)	Скольжения	(С)
Прессовая	(ПР)	Тугая	(Т)	Движения	(Д)
Легкопрессовая	(Пл)	Напряженная	(Н)	Ходовая	(Х)
		Плотная	(П)	Легкоходовая	(Л)
				Широкоходовая	(Ш)
				Тепловая ходовая	(Тх)

Для соединения двух деталей «намертво», например колеса железнодорожного вагона с осью, нужно нагреть отверстие колеса до температуры 450—550° и надеть на холодную шейку вала. При остывании отверстие уменьшается в размерах и очень плотно охватывает вал. Это пример *горячей посадки.*

Посадка втулки в крышку корпуса пневматической сверлильной головки также неподвижная, но натяг меньше и сборка производится запрессовкой на прессе в холодном виде. В данном случае посадка *прессовая.*

Глухая посадка обеспечивает надежное соединение деталей, причем сборка производится при больших усилиях. Во избежание поворота одной детали относительно другой в местах соединения ставят шпонки и шпильки. Примером может служить посадка муфты на вал электродвигателя.

Тугая посадка применяется для получения плотного соединения деталей, например внутреннего кольца шарикоподшипника и вала. Сборка и разборка производятся сравнительно редко и при больших усилиях. В этом случае также используют шпонки или шпильки.

Напряженная посадка применяется, когда сборка и разборка деталей должны происходить без значительных усилий, лишь при помощи ручника. Например, посадка зубчатого колеса на шпиндель станка.

Плотная посадка предусматривает соединение деталей, сборка и разборка которых должны производиться при помощи деревянного ручника или вручную. Например, посадку наружного кольца шарикоподшипника в корпус.

При свободных посадках зазор постепенно увеличивается по мере перехода от посадки скольжения к тепловой ходовой. Последняя применяется в соединениях деталей, работающих при высоких температурах. В этих случаях может возникнуть разное тепловое расширение вала и отверстия, поэтому требуются увеличенные зазоры.

Система отверстия и система вала. Различные посадки деталей можно осуществлять разным выполнением размеров вала и отверстия. Практически же выгодно одну деталь изготовлять с постоянными размерами, а нужные посадки получать за счет изменения размеров сопрягаемой детали.

Если предельные размеры отверстий остаются постоянными для всех посадок, то такой вид соединений деталей называется

системой отверстия; различные посадки получаются за счет изменения предельных размеров вала. Здесь поле допуска отверстий неизменно, а поле допуска валов изменяется в зависимости от посадки (рис. 22, *а*).

При системе отверстия нижнее отклонение отверстия равно 0. Допуск равняется верхнему отклонению, т. е. всегда направлен в сторону увеличения отверстия.

Если валы изготовляют так, что предельные размеры их остаются постоянными для всех посадок, то такой вид соединений деталей называется *системой вала*. Поле допуска валов остается неизменным, а поле допуска отверстий меняется в зависимости от посадки (рис. 22, *б*). Верхнее отклонение вала равно 0, нижнее отклонение равно допуску.

В машиностроении обычно используют систему отверстия. Это объясняется тем, что легче изготовлять различные размеры валов, чем отверстий, так как для выполнения отверстий требуется большее количество инструмента (зенкера, развертки), многообразие форм и размеров абразивных кругов. Для системы отверстия упрощается и удешевляется также изготовление мерительного инструмента по сравнению с системой вала.

В некоторых случаях выгоднее пользоваться системой вала. В частности, система вала применяется в приборостроении.

Выбор системы посадок определяется экономическими, технологическими и эксплуатационными соображениями.

§ 28. ОБОЗНАЧЕНИЕ ДОПУСКОВ И ПОСАДОК

На чертежах деталей указываются числовые значения отклонений размеров (допуск) или буквенное условное обозначение посадок с индексом класса точности, который ставится справа обозначения посадки. Для 2-го класса точности, как самого распространенного, индекс (цифра 2) не проставляется.

Например, T_1 обозначает, что посадка тугая по 1-му классу точности; Т — посадка тугая по 2-му классу точности; T_{2a} — посадка тугая по 2а классу точности; C_3 — посадка скользящая по 3-му классу точности и т. д.

Отверстие по системе отверстия обозначают буквой А, вал в системе вала — буквой В. Таким образом, если на чертеже у вала стоит размер с обозначением посадки и класса точности, следовательно, он выполняется по системе отверстия. Если рядом с размером вала стоит буква В — это значит, что соединение деталей производят по системе вала.

На рис. 23 показано изображение размеров деталей на чертежах по системе отверстия, причем на видах *а, б* и *в* обозначения размеров даны в виде номинального размера с условным обозначением допусков и посадок, а на видах *г, д* и *е* — те же размеры с числовыми значениями допусков в миллиметрах.

В сборочных чертежах в сопряжениях указывается номинальный размер, а затем в числителе — отклонения отверстия, а в знаменателе — отклонения вала.

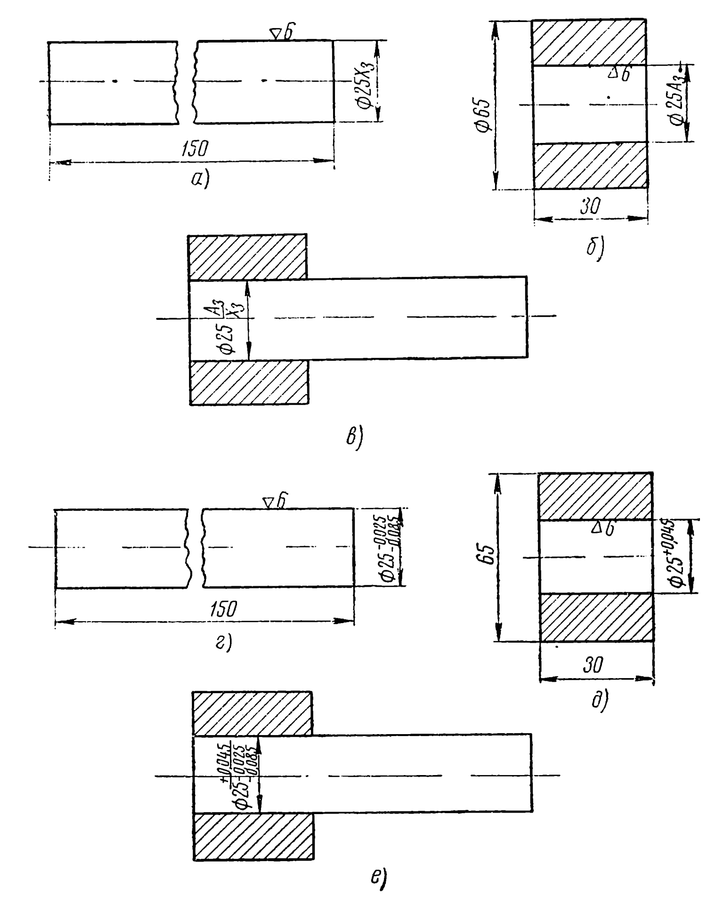


Рис. 23. Обозначение размеров:

а и *г* — вала, *б* и *д* — отверстия, *в* и *е* — сопряженных деталей

§ 29. КЛАССЫ ТОЧНОСТИ

Чем меньше допуск на размер детали, тем меньше колебания действительных размеров, точнее изготовлена деталь. Чем больше допуск, тем менее точна деталь.

В зависимости от величины допуска в СССР для размеров диаметром от 1 до 500 *мм* установлены 10 классов точности: 1; 2; 2а; 3; 3а; 4; 5; 7; 8; 9. Место 6-го класса свободно.

По классу точности устанавливается технология обработки вала и отверстия. Для обеспечения 1-го класса точности отверстия сверлят, зенкеруют, развертывают, шлифуют, хонингуют; валы двукратно обтачивают, двукратно шлифуют, доводят или суперфинишируют.

При 2-м классе точности, который является основным в станкостроении, автотракторостроении, электромашиностроении, приборостроении и других отраслях, отверстия сверлят, зенкеруют, двукратно развертывают или двукратно шлифуют; валы двукратно обтачивают и двукратно шлифуют.

Для получения третьего класса точности отверстия сверлят, зенкеруют и одно- или двукратно развертывают; для валов применяют черновое и чистовое точение в два прохода.

При 3а классе точности обработка деталей производится так же, как и по 3-му классу точности, но с меньшим количеством проходов.

Для получения 4-го класса точности отверстие обрабатывают сверлением по кондуктору с небольшими подачами или однократным растачиванием; валы обрабатывают однократным точением.

При обработке по 5-му классу точности отверстия сверлятся или растачиваются, валы обтачиваются начерно.

7, 8 и 9-й классы точности получают при литье и штамповке заготовок, а также на несопрягаемых поверхностях при грубой механической обработке.

Рабочему на шлифовальных станках в основном приходится иметь дело с деталями, обработанными не ниже чем по 4-му классу точности.

В табл. 2 указаны предельные отклонения для размеров вала и отверстия в системе отверстия 2-го класса точности.

§ 30. ЧИСТОТА ПОВЕРХНОСТИ

Выполнение размеров деталей с малыми допусковыми отклонениями возможно только при наличии высокого качества обработки их поверхностей.

Различают понятия качества поверхности и чистоты поверхности. Чистота поверхности характеризуется ее геометрическим состоянием, а качество поверхности помимо геометрического включает в себя характеристику физического состояния поверхностного слоя. Под физическим состоянием поверхности понимают твердость, местные прижоги, местные отпуски, трещины, изменение строения кристаллической решетки в результате усилий, возникающих при снятии стружки, теплообразовании и по другим причинам.

При чистовых операциях, где снимаются малые стружки и

Таблица 2

Допуски и посадки. Система отверстия. 2-й класс точности

Номинальный диаметр, *мм*	Размеры, *мк* (1*мк*=0,001 *мм*)																					
	Отклонения отверстия А		Посадки																			
			глухая Г		тугая Т		напряженная Н		плотная П		скользящая С		движения Д		ходовая Х		легкоходовая Л		широкоходовая Ш		теплоходовая Тх	
			Отклонения вала																			
	В	Н	В	Н	В	Н	В	Н	В	Н	В	Н	В	Н	В	Н	В	Н	В	Н	В	Н
От 1 до 3	0	+10	+13	+6	+10	+4	+7	+1	+3	−3	0	−6	−3	−9	−8	−18	−12	−25	−18	−35	−60	−74
Св. 3 до 6	0	+13	+16	+8	+13	+5	−9	+1	+4	−4	0	−8	−4	−12	−10	−22	−17	−35	−25	−45	−70	−88
6 — 10	0	+16	+20	+10	+16	+6	+12	+2	+5	−5	0	−10	−5	−15	−13	−27	−23	−45	−35	−60	−80	−102
10 — 18	0	+19	+24	+12	+19	+7	+14	+2	+6	−6	0	−12	−6	−18	−16	−33	−30	−55	−45	−75	−98	−122
18 — 30	0	+23	+30	+15	+23	+8	+17	+2	+7	−7	0	−14	−8	−22	−20	−40	−40	−70	−60	−95	−110	−143
30 — 40 40 — 50	0	+27	+35	+18	+27	+9	+20	+3	+8	−8	0	−17	−10	−27	−25	−50	−50	−85	−75	−115	−120 −130	−159 −169
50 — 65 65 — 80	0	+30	+40	+20	+30	+10	+23	+3	+10	−10	0	−20	−12	−32	−30	−60	−65	−105	−95	−145	−140 −150	−186 −196
80 — 100 100 — 120	0	+35	+45	+23	+35	+12	+26	+3	+12	−12	0	−23	−15	−38	−40	−75	−80	−125	−120	−175	−170 −180	−224 −234
120 — 140 140 — 160 160 — 180	0	+40	+52	+25	+40	+13	+30	+4	+14	−14	0	−27	−18	−45	−150	−90	−100	−155	−150	−210	−200 −210 −230	−263 −273 −299
180 — 220 220 — 260	0	+45	+60	+30	+45	+15	+35	+4	+16	−16	0	−30	−22	−52	−60	−105	−120	−180	−180	−250	−260 −290	−332 −362
260 — 310 310 — 360	0	+50	+70	+35	+50	+15	+40	+4	+18	−18	0	−35	−26	−60	−70	−125	−140	−220	−210	−290	−330 −360	−411 −441
360 — 440 440 — 500	0	+60	+80	+40	+60	+20	+45	+5	+20	−20	0	−40	−30	−70	−80	−140	−70	−245	−250	−340	−410 −480	−507 −557

возникают небольшие усилия и тепловыделения, изменения физического состояния поверхностного слоя незначительны.

Геометрическое состояние поверхности характеризуется неровностями (микронеровностями) поверхности, которые остаются после обработки. Высота неровностей поверхности определяется формой лезвия режущего инструмента, подачей, зернистостью шлифовального круга, скоростью резания, вибрацией инструмента, детали, станка и другими причинами.

ГОСТ 2789—59 выделяет 14 классов чистоты поверхности в зависимости от высоты неровностей, обозначаемой R_z, или среднеарифметического отклонения профиля поверхности R_a в микронах.

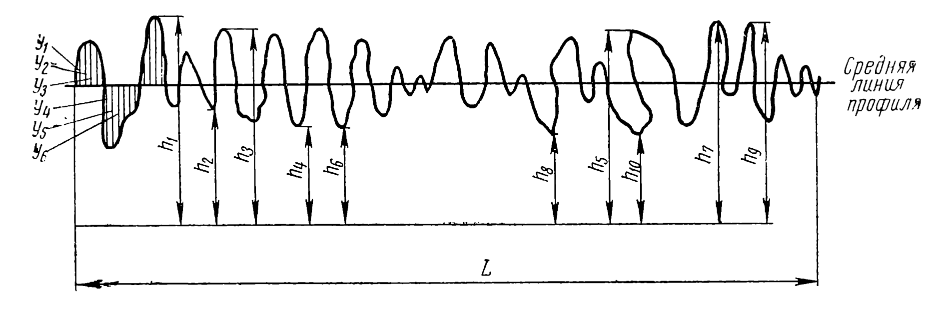


Рис. 24. Микронеровности поверхности

Для определения среднеарифметического отклонения профиля (рис. 24) складывают все высоты от точек профиля до средней линии профиля и делят на число этих высот:

$$R_a = \frac{Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4 + Y_5 . \quad + Y_n}{n}$$

Высота неровностей R_z определяется как среднее расстояние между пятью высшими точками выступов и пятью низшими точками впадин, измеренных по линиям, параллельным средней линии, на определенной длине поверхности L.

$$R_z = \frac{(h_1 + h_3 + h_5 + h_7 + h_9) - (h_2 + h_4 + h_6 + h_8 + h_{10})}{5}$$

По ГОСТ для каждого класса чистоты максимальные значения R_a и R_z регламентированы (табл. 3).

Классы чистоты поверхностей от 6 до 14 дополнительно разбиваются на три разряда — *а, б, в* (табл. 4).

Чистота поверхности деталей определяется специальными приборами или сравнивается с чистотой эталонных образцов под микроскопом.

Приборы, служащие для измерения чистоты, называются профилографами, профилометрами и двойными микроскопами академика Линника.

В профилографе с увеличением до 200 000 раз наносится на бумажную ленту изображение микронеровностей измеряемой поверхности, а затем по профилограмме ведут измерения.

В профилометре на шкале прибора указывается значение R_a или R_z, чем и определяется класс чистоты.

В двойном микроскопе академика Линника пучок света направляется под углом к поверхности из одного микроскопа для получения «светового сечения» профиля. Это сечение профиля видно из второго микроскопа под большим увеличением, по шкале на линзе определяют высоту неровностей и по табл. 3 — класс чистоты.

Таблица 3

Значение R_a и R_z для различных классов чистоты

Класс чистоты поверхности	Среднее арифметическое отклонение профиля R_a, *мк*	Высота неровностей R_z, *мк*
	не более	
1	80	320
2	40	160
3	20	80
4	10	40
5	5	20
6	2,5	10
7	1,25	6,3
8	0,63	3,2
9	0,32	1,6
10	0,16	0,8
11	0,08	0,4
12	0,04	0,2
13	0,02	0,1
14	0,01	0,05

Таблица 4

Значение величины отклонения профиля и высоты неровностей в разрядах *а, б, в*

Класс чистоты поверхности	Среднее арифметическое отклонение профиля R_a, *мк*			Высота неровностей R_z, *мк*		
	разряды					
	а	*б*	*в*	*а*	*б*	*в*
	не более					
6	2,5	2,0	1,6	10	8	—
7	1,25	1,0	0,8	6,3	5,0	4,0
8	0,63	0,5	0,4	3,2	2,5	2,0
9	0,32	0,25	0,20	1,6	1,25	1,0
10	0,16	0,125	0,10	0,8	0,63	0,50
11	0,08	0,063	0,05	0,4	0,32	0,25
12	0,04	0,032	0,025	0,2	0,16	0,125
13	0,02	0,016	0,012	0,1	0,08	0,063
14	0,01	0,008	0,006	0,05	0,04	0,032

Чистота поверхности от $\nabla 7$ до $\nabla 9$ получается при чистовых операциях: шлифовании, протягивании, развертывании, алмазном точении и растачивании.

Чистота от $\nabla 10$ до $\nabla 14$ обеспечивается отделочными операциями: тонким шлифованием с повышенной скоростью, хонингованием, доводкой и суперфинишированием. В последнее время высокую чистоту поверхности удается получить при электрохимических способах обработки.

Глава IV

КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ И ТЕХНИКА ИЗМЕРЕНИЯ

§ 31. ЗНАЧЕНИЕ КОНТРОЛЯ В МАШИНОСТРОЕНИИ

В современном производстве детали в процессе обработки подвергаются контролю по размерам, форме, чистоте поверхности, твердости материала и другим показателям.

Существует много причин, препятствующих стабильности технологических процессов обработки деталей, тем самым ведущих к различным видам брака, т. е. несоответствию получаемых деталей размерам и техническим условиям чертежа.

При обработке металлов резанием к этим причинам относятся износ инструмента, деформация станка и приспособления под действием усилий резания, в результате чего изменяется положение режущего инструмента по отношению к детали, разнобой в размерах заготовок, нагрев заготовок в процессе обработки и др.

В связи с этими и многими другими причинами контроль необходим на всех технологических операциях во всех видах производства.

§ 32. ТОЧНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЯ

Под измерением понимают сравнение определенной величины с принятой единицей измерения.

За единицу измерения линейных длин в СССР принят метр. Система мер, в основу которой положен метр, называется метрической. В некоторых странах измерение производится по дюймовой системе.

Метр делится на 10 дециметров; дециметр равен 10 сантиметрам; сантиметр разделяется на 10 миллиметров; миллиметр — на 1000 микрон.

В дюймовой системе основной единицей длины является дюйм, равный 25,4 *мм* и обозначаемый 1″

Измерение деталей производят с помощью измерительных приборов или инструментов, при этом в каждом случае применяется такой вид инструмента, который имеет цену деления в три раза меньшую, чем допуск на размер детали. Так, при шлифовании вала с допуском на диаметр 0,03 *мм* нужно пользоваться инструментом с ценой деления 0,01 *мм* (например, микрометром).

Измерения должны производиться при нормальной температуре 20°, при которой градуируют измерительные инструменты. При точных измерениях горячие детали нужно сначала охладить, и только затем их замерять.

Точность измерения зависит и от усилия, с которым измерительные поверхности прибора прижимаются к поверхности детали. Поэтому точные приборы градуируются при определенном измерительном усилии, которое обеспечивается в них автоматически. Так, в микрометре это усилие создается трещоткой.

При работе с измерительными инструментами возможны ошибки измерения от неточности прибора, от неправильной его установки, от несоблюдения нормальной температуры. Точность измерения также в значительной мере определяется умением и квалификацией лица, производящего измерение.

Очень большое значение имеет правильное обращение с инструментом. Инструмент нужно беречь от ударов, от загрязнения и коррозии, хранить в специальных ящиках, обитых мягким материалом. Нельзя производить измерения движущейся детали, так как это приводит к быстрому износу и поломке инструмента.

Измерительные инструменты, находящиеся в употреблении, должны периодически проверяться. Каждый инструмент имеет паспорт, в котором указывается срок его действия; когда этот срок проходит, инструмент необходимо сдавать на проверку.

§ 33. ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ЛИНЕЙНЫХ РАЗМЕРОВ

При шлифовании деталей достигают точности 2 и 1-го классов, поэтому инструменты, применяемые на шлифовальных работах, обладают большой точностью измерения.

Измерительные инструменты разделяются на две группы:

1) универсальные инструменты, определяющие действительные размеры (штангенциркуль, микрометр и др.);

2) инструменты, контролирующие пределы допуска одного какого-либо размера (калибры, шаблоны).

Штангенциркуль. Штангенциркуль является универсальным измерительным инструментом и предназначен для измерения диаметров, длин и других линейных размеров.

В СССР изготовляют штангенциркули с отсчетом до 125; 150; 200; 300; 500; 800; 1000; 1500 и 2000 *мм*, с точностью измерения 0,1; 0,05 и 0,02 *мм*.

На рис. 25, *а* показан штангенциркуль с ценой деления 0,02 *мм* завода им. Воскова. На стальной штанге *1* имеются неподвижные губки и шкала с миллиметровыми делениями. Рамка *3* передвигается по штанге *1*. На ней расположены губки и шкала но-

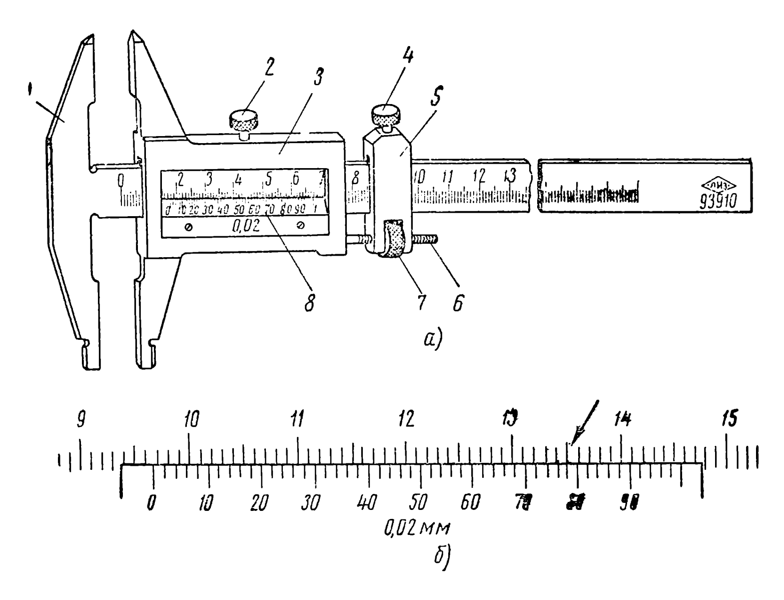


Рис. 25. Штангенциркуль с точностью отсчета 0,02 *мм*:
а — общий вид, *б* — шкала нониуса

ниуса *8*. Шкала нониуса *8* имеет 50 делений, которые в сумме дают 49 *мм* (рис. 25, *б*). Таким образом, одно деление на нониусе соответствует $\frac{49}{50} = 0{,}98$ *мм*. Следовательно, одно деление на нониусе меньше деления на шкале штанги на $1 - 0{,}98 = 0{,}02$ *мм*. Эта разница между размером штрихов шкал на штанге и на нониусе позволяет производить измерение с точностью до 0,02 *мм*. Размер в сотых долях миллиметра соответствует той величине, которая получается у штриха шкалы нониуса, совпадающего со штрихом шкалы штанги.

На рис. 25, *б* указан штрих нониуса, соответствующий 0,78 *мм*.

Целые числа миллиметров размера соответствуют положению шкалы штанги, против которой установилось нулевое деление шкалы нониуса. В нашем примере это 96 *мм*. Таким образом, измеряемый размер соответствует 96,78 *мм*.

На штанге *1* имеется хомутик микрометрической подачи *5*. Хомутик закрепляется винтом *4* на штанге. При вращении гайки микрометрической подачи *7* подается вперед винт *6*, связанный с подвижной рамкой *3*, и создаются определенные усилия зажима на губке штангенциркуля. В окончательном положении рамка *3* закрепляется на штанге винтом *2*.

Перед измерением нужно проверить исправность штангенциркуля. Рабочие поверхности губок должны быть чистыми, без искривлений и забоин. Губки сдвигаются и просматриваются «на просвет». В таком положении у исправного штангенциркуля нулевые деления нониуса и штанги должны совпадать.

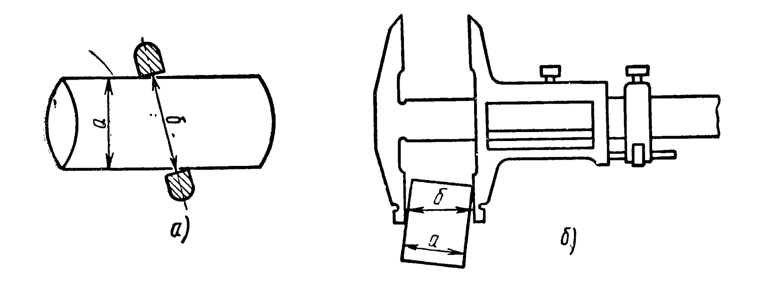


Рис. 26. Неправильная установка штангенциркуля при измерении:
а — диаметра, *б* — ширины

Рамка и хомутик должны плавно передвигаться по штанге. Зажимы винтов рамки и хомутика не должны вызывать перекоса губок и их смещения от установленного размера.

При измерении деталей губки штангенциркуля не должны перекашиваться, так как при перекосе получаются неправильные размеры (рис. 26).

При измерении малых деталей детали берут в левую руку, а штангенциркуль — в правую. Подвижную губку слегка прижимают к детали большим пальцем правой руки. После зажима хомутика вращают микрометрическую гайку большим и указательным пальцем правой руки.

Тяжелые, большие детали укладывают на стол, а затем измеряют. При измерении обрабатываемого вала, находящегося в центрах станка, левой рукой поддерживают неподвижную губку, а правой перемещают рамку, зажимают винт хомутика, дают микрометрическую подачу рамке и закрепляют ее винтом. Затем снимают штангенциркуль и отсчитывают размер.

На одной стороне губок штангенциркуля имеется маркировка размера губок по ширине (см. рис. 25). При измерении диаметра отверстия пользуются этими губками, вводя их в отвер-

Рис. 27. Измерения штангенциркулем:

а — диаметра вала, *б* — диаметра отверстия, *в* — ширина паза, *г* — глубины отверстия

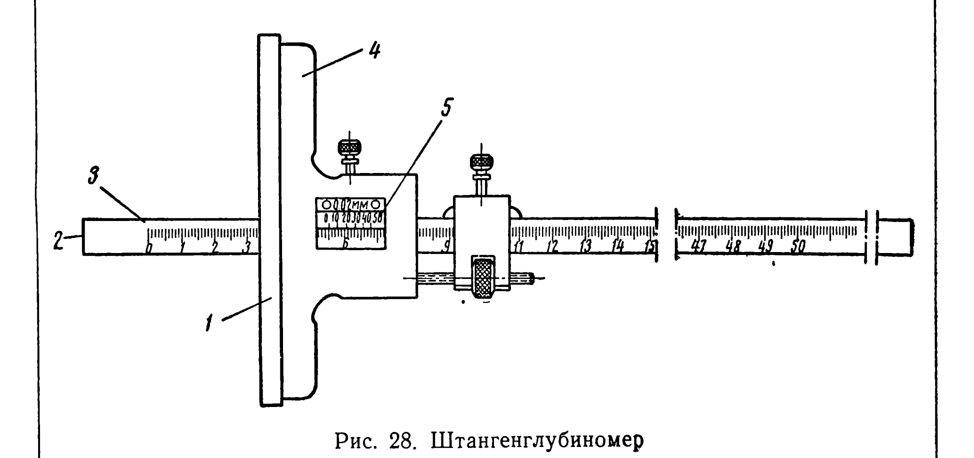


Рис. 28. Штангенглубиномер

стие. К значению, полученному на нониусе, добавляется ширина губок, и сумма составляет размер диаметра отверстия.

Приемы измерения штангенциркулем показаны на рис. 27.

Штангенглубиномер (рис. 28) устроен на основе штангенциркуля и предназначен для измерения глубин и высот. Он состоит из штанги *3*, рамки *4* с основанием *1* и закрепленной на ней линейки нониуса *5*. Штанга *3* движется в рамке *4*.

Измерительными поверхностями штангенглубиномера являются нижняя поверхность основания *1* и поверхность *2* нижнего торца штанги. При совпадении нулевых штрихов нониуса и штанги измерительные поверхности основания и штанги лежат в одной плоскости (заподлицо).

Отсчет показаний по штангенглубиномеру производится так же, как и по штангенциркулю.

Штангенглубиномеры изготовляют с верхними пределами измерения 100; 125; 150; 200; 250; 300; 400 *мм*.

Точность отсчета по нониусу 0,1; 0,05 и 0,02 *мм*.

Микрометр. Микрометры применяют для замера длины, толщины и наружных диаметров деталей с точностью до 0,01 *мм*. Микрометрами возможно измерение до 1600 *мм*.

Микрометрический винт перемещается только на 25 *мм*, поэтому микрометры выпускают с пределами замера от 0 до 25 *мм*, от 25 до 50 *мм*; от 50 до 75 *мм* и т. д. В комплект микрометров входят установочные меры, равные их нижнему пределу измерения, с помощью которых проверяют и устанавливают микрометры.

На рис. 29 представлен разрез микрометра.

Массивная скоба *1* имеет неподвижную пятку *2* и впрессованную трубку-стебель *5*, которая на правом конце имеет внутреннюю микрометрическую резьбу *14* с шагом 0,5 *мм*. Поворот винта *7* по этой резьбе на определенный угол дает точное его перемещение по длине, полный оборот соответствует перемещению винта на 0,5 *мм*. Винт имеет измерительную пятку *3*.

На наружном правом конце трубки-стебля *5* имеется наружная коническая резьба *13*, вдоль которой выполнены продольные разрезы. На резьбу навертывается гайка *9*, с помощью которой убирают зазор между внутренней резьбой и микрометрическим винтом *7*

На трубке-стебле напрессована втулка *6*, на которой нанесена продольная шкала с ценой деления 0,5 *мм*.

Винт *7* снабжен конусом *11*, на котором при помощи колпачка *10* крепится барабан *8*. Барабан охватывает втулку *6*. Левый скошенный край барабана имеет 50 делений; эти деления служат для отсчета сотых долей миллиметра.

Поворот барабана на одно деление соответствует $\frac{1}{50}$ поворота винта *7*. При шаге резьбы, равном 0,5 *мм*, поворот

винта на $\frac{1}{50}$ составит его продольное перемещение, равное $\frac{1}{50}\cdot 0{,}5$ *мм* = 0,01 *мм*, что и составляет цену одного деления круговой шкалы барабана при отсчете.

Для сохранения определенного измерительного усилия предусмотрена трещотка *12*, которая передает вращение винту *7* до тех пор, пока усилие на винте, соприкасающемся с измеряемой деталью, не превысит необходимого, после чего трещотка проворачивается.

Для закрепления микрометра на определенный размер служит стопорное кольцо *4*.

Отсчет показаний по микрометру. Отсчет производится по продольной шкале втулки *6*. Край барабана *8* является указателем размера в целых делениях продольной шкалы.

...ская головка подобно обычному микром
состоит из стебля, микрометрического винта, находящегося
три стебля, с измерительной поверхностью, выходящей за у
овочный колпачок, барабана с нанесенными делениями, уст
очного колпачка и стопора.

Микрометрические головки нутромеров выпускаются с
я нижними пределами измерения 75 и 150 *мм*.

Для измерения больших размеров к головкам прилагак
линители, с помощью которых можно измерять размерь
00 *мм*. В этих случаях к показаниям микрометрической го
прибавляется размер удлинителя.

При пользовании микрометром и другими микрометриче
и инструментами нужно соблюдать ряд правил·

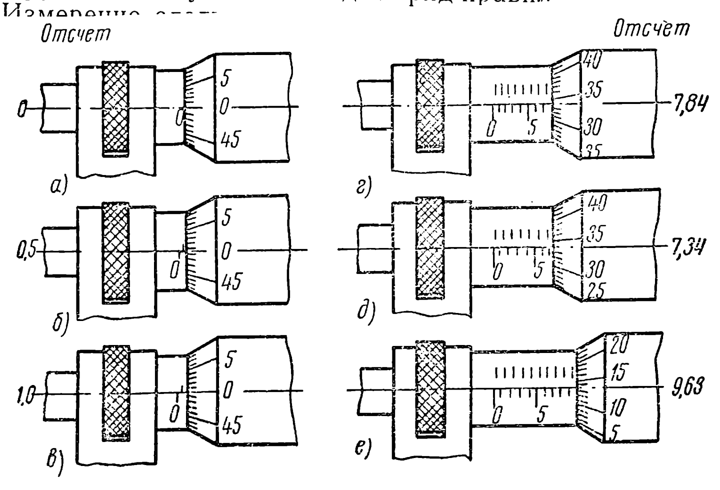


Рис. 29. Устройство микрометра и отсчет по нему

Вначале определяют количество нижних делений продольной шкалы, каждое из которых равно 1 *мм*. Верхние штрихи шкалы делят нижние миллиметровые промежутки пополам, т. е. если правее последнего нижнего штриха виден еще верхний, то к полученному целому числу миллиметров нужно прибавить 0,5 *мм*. Далее определяют, какой штрих на скосе барабана совпадает с продольной линией шкалы втулки *6*. Полученная цифра показывает сотые доли миллиметра, которые прибавляются к ранее полученному числу.

На рис. 29 даны шесть примеров отсчета по микрометру.

	мм
а — Под продольной линией нет ни одного полного деления шкалы	0
Над продольной линией не видно штриха правее нижнего правого штриха шкалы	0,0
На скосе барабана с продольной линией совпадает штрих нулевого деления	0,00

нгенглубиномеры изготовляют ...
я 100; 125; 150; 200; 250; 300; 400 *мм*.
ность отсчета по нониусу 0,1; 0,05 и 0,02 *мм*.

крометр. Микрометры применяют для замера длины, тол- и наружных диаметров деталей с точностью до 0,01 *мм*. метрами возможно измерение до 1600 *мм*. крометрический винт перемещается только на 25 *мм*, поэтому микрометры выпускают с пределами замера от 0 до 25 *мм*, до 50 *мм*; от 50 до 75 *мм* и т. д. В комплект микрометров установочные меры, равные их нижнему пределу измере- помощью которых проверяют и устанавливают микро- .

рис. 29 представлен разрез микрометра.
...неподвижную пятку *2* и впрессо-

б — ... На ... штриха ... На ... деления

в — ... На ... штриха ... На ... деления

Отсчет равен	1
г — Под продольной линией семь полных делений шкалы	7,0
Над продольной линией виден штрих правее нижнего правого штриха шкалы . . .	0,5
На скосе барабана с продольной линией совпадает штрих 34-го деления	0,34
Отсчет равен	7,84
д — Под продольной линией семь полных делений шкалы	7,0
Над продольной линией не видно штриха правее нижнего правого штриха шкалы .	0,0
На скосе барабана с продольной линией совпадает штрих 34-го деления	0,34
Отсчет равен	7,34
е — Под продольной линией девять полных делений шкалы	9,0
Над продольной линией виден штрих правее нижнего правого штриха шкалы . . .	0,5
На скосе барабана с продольной линией совпадает штрих 13-го деления	0,13
Отсчет равен	9,63

На рис. 30 показаны приемы измерения деталей микрометром.

Аналогичное микрометру устройство и принцип измерения имеют микрометрические глубиномер и нутромер с точностью измерения до 0,01 *мм.*

Микрометрический глубиномер (рис. 31) служит для измерения глубин и высот. При измерении основание *1* прижимают к детали и вращением барабана *2* при помощи трещотки *3* доводят измерительный стержень *6* до дна измеряемой поверхности детали. Полученный размер отсчитывают по шкале барабана *2* и нониусу стебля *4,* который прочно соединен с основанием *1* стопором *5.*

Микрометрический нутромер или штихмас (рис. 32) предназначен для измерения внутренних размеров. Он состоит из микрометрической головки *2* и измерительного наконечника *1.*

Микрометрическая головка подобно обычному микрометру состоит из стебля, микрометрического винта, находящегося внутри стебля, с измерительной поверхностью, выходящей за установочный колпачок, барабана с нанесенными делениями, установочного колпачка и стопора.

Микрометрические головки нутромеров выпускаются с двумя нижними пределами измерения 75 и 150 *мм.*

Для измерения больших размеров к головкам прилагаются удлинители, с помощью которых можно измерять размеры до 00 *мм.* В этих случаях к показаниям микрометрической головки прибавляется размер удлинителя.

При пользовании микрометром и другими микрометрическими инструментами нужно соблюдать ряд правил:

1. Измерение следует производить при температуре 20°

2. Перед измерением проверять исправность микрометра (он должен быть без забоин и повреждений) и правильность его отсчета. Для этого у микрометра с пределом измерения, равным 0, посредством трещотки, совмещаются обе измерительные плоскости. При этом отсчет по микрометру должен быть равен 0. Микрометры бо́льших размеров проверяются и налаживаются по установочным мерам.

3. Измерение детали нужно производить без перекоса.

§ 34. ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ ПРОВЕРКИ И ИЗМЕРЕНИЯ УГЛОВ

Измерение углов производится при помощи угловых плиток, шаблонов, угольников, универсальных угломеров и других приборов и устройств.

Угловые плитки. Угловые плитки применяются при контроле углов в целых числах градусов. Они выпускаются в виде трехгранных и четырехгранных призм. У трехгранных — один рабочий угол, у четырехгранных — четыре.

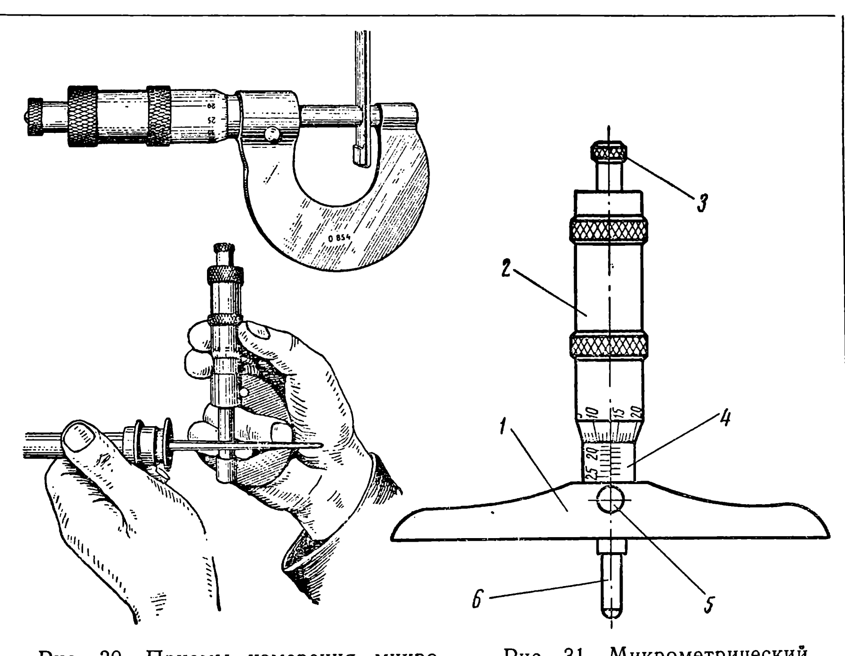


Рис. 30. Приемы измерения микрометром

Рис. 31. Микрометрический глубиномер

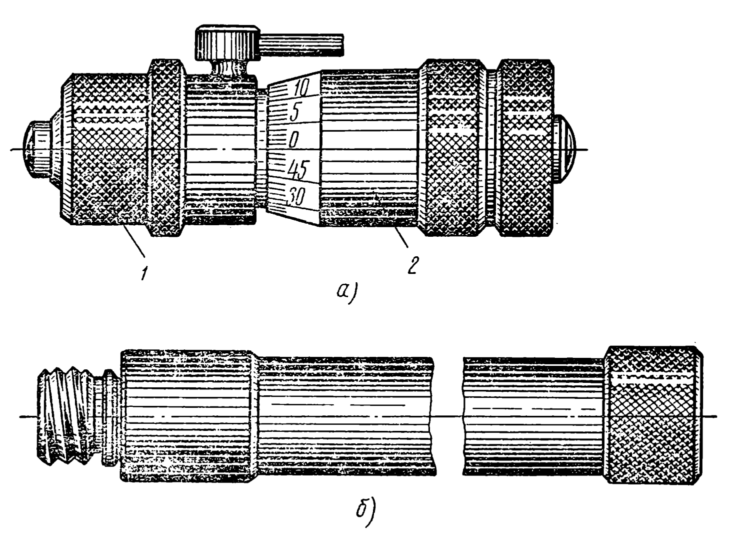


Рис. 32. Микрометрический нутромер:
а — головка, *б* — удлинитель

Выпускаются наборы из 19, 36 и 94 плиток, а также наборы из пяти плиток с углами 15°, 30°, 45°, 60°

Точность изготовления плиток по 1-му классу ±10″, по 2-му классу ±30″ Погрешность метода измерения углов плитками на просвет зависит от чистоты поверхности детали, длины стороны угла детали и освещенности. Погрешность эта находится в пределах допуска на плитки +15″

В наборы угловых плиток также входят державки, клиновые штифты и винты для скрепления блока. На рис. 33 показаны плитки державок и схема измерения угла блоком плиток.

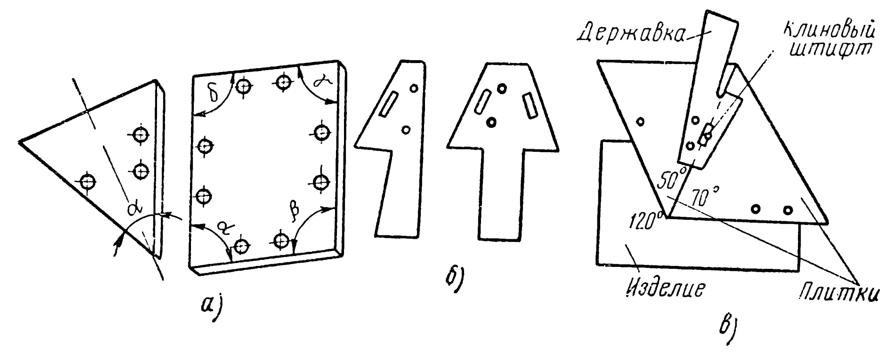


Рис. 33. Измерение углов угловыми плитками:
а — плитки, *б* — державки, *в* — схема измерения угла

Угломеры. Угломеры предназначены для измерения углов контактным методом с отсчетом по угловому нониусу.

Угломеры выпускаются двух типов. Первый тип (рис. 34, *а*) служит для измерения наружных углов между линейкой основания *1* и подвижной линейкой *7*, вращающейся на оси *6*. Основание и подвижная линейка имеют шкалы *2* и *4*, по которым ведется отсчет. Точность отсчета по угломеру составляет 2′

При помощи микрометрического винта *3* обеспечивается точное прилегание линеек к сторонам угла. При измерении углов от 0 до 90° на подвижную линейку крепится угольник *8*. При точной установке угломера на определенный угол стопором *5* предварительно закрепляют подвижную линейку.

Угломером второго типа конструкции Д. С. Семенова (рис. 34, *б*) измеряют как наружные, так и внутренние углы деталей и шаблонов. По сектору основания *1*, на котором нанесена основная шкала с ценой деления 1°, перемещается сектор *4* с закрепленным на нем нониусом *8*. На этом секторе с помощью державки *7* закрепляется угольник *5*. На угольник приставляется линейка *6*. Линейка *2* жестко закреплена на основании *1*. Угломер

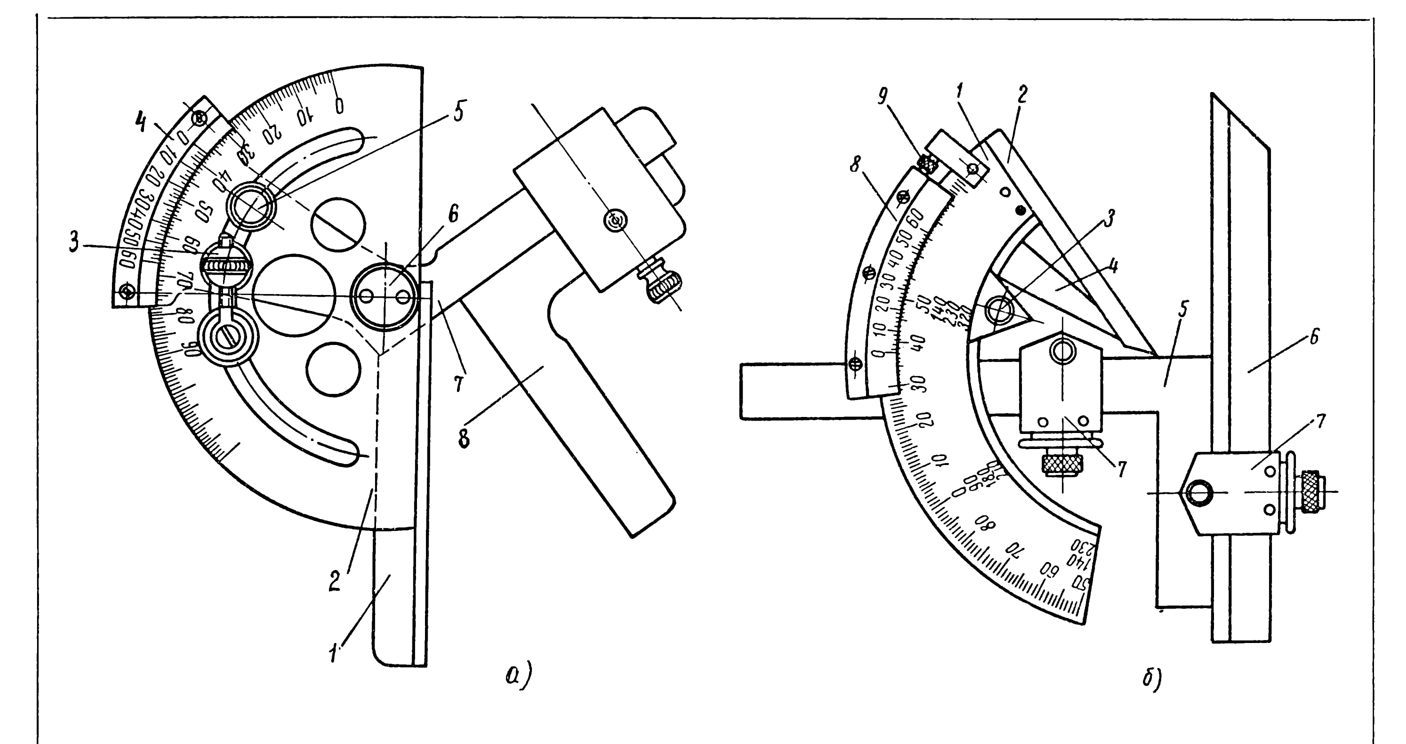


Рис. 34. Универсальные угломеры:

а — угломер для измерения наружных углов, *б* — угломер конструкции Д. С. Семенова

также снабжен стопором *3* и микрометрическим винтом *9*. Этим угломером можно измерять углы в интервале 0—320° с точностью отсчета по нониусу 2′

§ 35. КОНТРОЛЬ РЕЗЬБЫ

Резьбовые поверхности можно проверять при помощи резьбовых шаблонов, шагомеров, резьбовых микрометров, резьбовых индикаторных скоб, резьбовых калибров, методом трех проволочек, на инструментальных микроскопах и т. д.

Резьбовые шаблоны (рис. 35, *а*) служат для определения шага наружной резьбы. Они представляют собой стальные пластинки *1*, собранные в наборы с зубьями метрических или дюймовых профилей и разными шагами в соответствии с ГОСТ. Шаг резьбы определяют путем наложения пластинки на наружную резьбу.

Шагомеры (рис. 35, *в*) служат для относительного измерения резьбового шага. Они снабжены двумя шариковыми наконечниками, которые устанавливаются по резьбовому образцу. Один из них связан с корпусом инструмента неподвижно, а другой посредством системы рычагов с измерительным стержнем миниметра. При наложении на резьбовой шаблон или образец подвижный наконечник устанавливается на нуль, а при наложении на измеряемую резьбу прибор показывает отклонение шага от образцового.

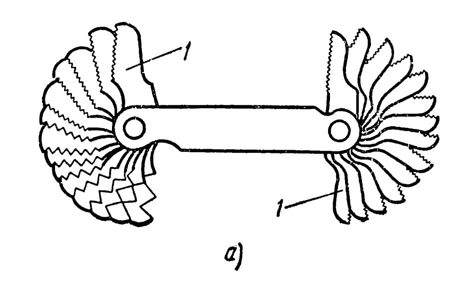
Резьбовая индикаторная скоба (рис. 35, *г*) предназначается для относительных измерений среднего диаметра резьбы. В корпусе скобы *5* монтируют шаговые вставки или резьбовые гребенки *6* и *8*. Гребенка *8* неподвижная, а гребенка *6* подвижная. Гребенка *6* связана с измерительным наконечником индикатора *1*, закрепленным в насадке *2* посредством пружины *4*. Для быстрой ориентировки резьбы служит упор *7* Арретир *3* позволяет отводить гребенку *6* перед установкой детали на измерительную позицию.

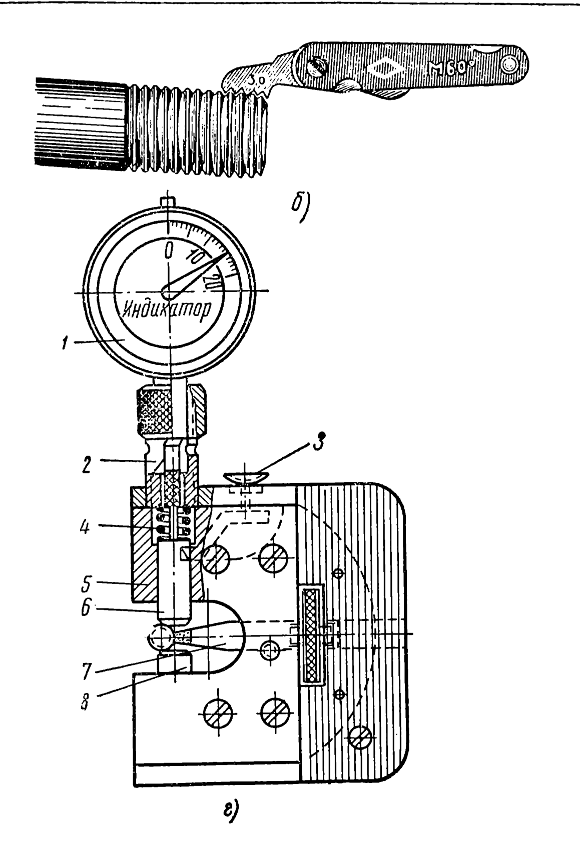
В серийном и массовом производстве резьба проверяется резьбовыми калибрами, которые изготавливаются в виде проходных и непроходных резьбовых колец (для контроля наружной резьбы) и пробок (для контроля внутренней резьбы).

§ 36. РЫЧАЖНЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ

Рычажно-механические инструменты позволяют производить измерения с большей точностью, чем штангенциркули и микрометры.

Точность измерения этими инструментами до 0,001 *мм* достигается посредством дополнительных рычажных передач от измерительного стержня к отсчетному указателю инструмента.





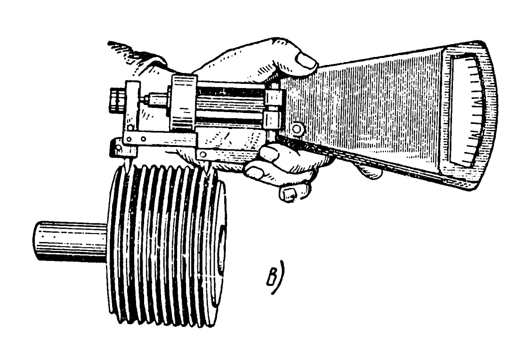


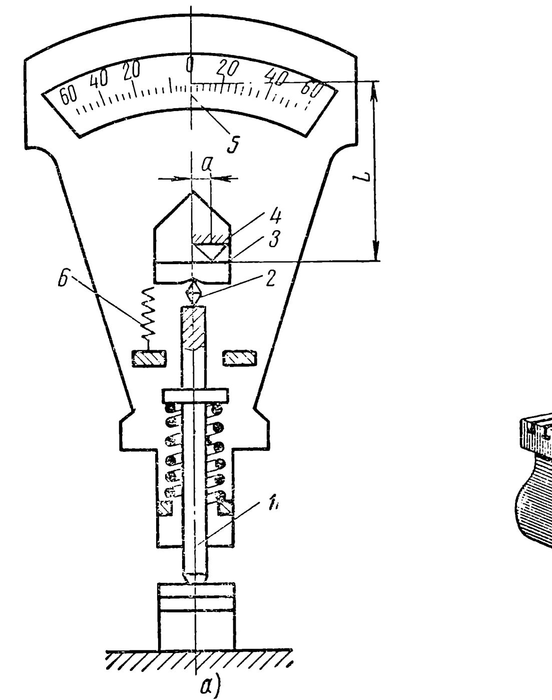
Рис. 35. Контроль резьбы:

а — резьбовые шаблоны, *б* — измерение резьбовым шаблоном, *в* — измерение шагомером, *г* — резьбовая индикаторная скоба

Диапазон измерения этих инструментов мал и поэтому они применяются большей частью для относительных измерений. К рычажным инструментам относят миниметры, индикаторы, рычажные скобы и другие приборы.

Миниметр. Это измерительный прибор с рычажной передачей, предназначенный для измерения точных деталей.

Устройство миниметра показано на рис. 36, *а*. Измерительный стержень *1* связан с призмой *3* через качающийся нож *2*.



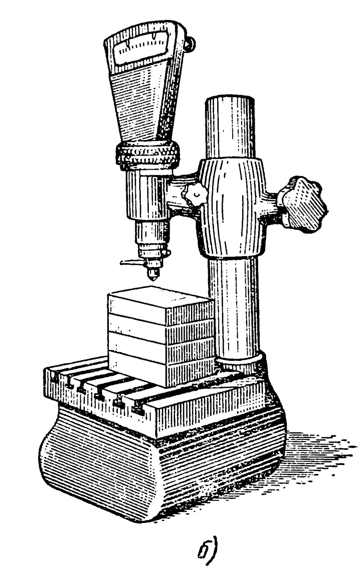


Рис. 36. Миниметр:
а — устройство, *б* — установка миниметра на столике

Призма *3* опирается на неподвижный нож *4*. К призме *3* прикреплена стрелка *5*. Пружина *6* прикреплена одним концом к призме *3*, а другим — к корпусу прибора.

Усилие пружины обеспечивает постоянный контакт ножа *2* с призмой и создает измерительное усилие. При перемещении измерительного стержня вверх или вниз перемещается призма и связанная с ней стрелка качается вправо или влево.

Расстояние между качающимся и неподвижным ножами представляет малое плечо рычага *a*, а расстояние от неподвижного ножа до конца стрелки — большое плечо *L*. Увеличение пе-

ремещения стрелки по отношению к перемещению измерительного стержня определится отношением $\frac{L}{a}$.

В установившихся конструкциях миниметров малое плечо a равно 1; 0,5; 0,2; 0,1 *мм,* большое плечо L равно 100 *мм.* При этих размерах увеличение перемещения стрелки по отношению к измерительному стержню может быть 100, 200, 500, 1000.

Шкалу миниметра делают с интервалами между делениями в 1 *мм,* и в зависимости от соотношения плеч цена деления может быть 0,01; 0,005; 0,002; 0,001 *мм.*

Для работы миниметр укрепляют на стойке со столиком (рис. 36, *б*). Настройка миниметра на размер производится следующим образом. На измерительный стержень надевают измерительный наконечник, протирают чистой тряпочкой столик и на него устанавливают блок концевых мер. Блок набирают так, чтобы его размер был равен номинальному размеру измеряемого изделия.

После этого устанавливают стрелку прибора по блоку концевых мер на нулевое положение. Затем удаляют блок концевых мер и на столик устанавливают изделие. По наибольшему отклонению стрелки от нулевого деления судят о величине отклонения размера изделия.

Индикатор. Индикаторы широко применяют для технических измерений. Индикатором определяют отклонения размеров деталей, биение деталей при их установке на станках для обработки и т. д.

Они представляют собою измерительные приборы с зубчатой передачей от измерительного стержня к отсчетной стрелке. Стрелка вращается вокруг оси и дает показания по круговой шкале с ценой деления 0,01 *мм.*

Пределы измерений индикаторов располагаются от 0 до 10 *мм* и от 0 до 5 *мм* у индикаторов нормального типа, от 0 до 3 *мм* и от 0 до 2 *мм* у малогабаритных индикаторов.

Устройство и принцип действия индикатора даны на рис. 37. На измерительном стержне *7* закрепляется наконечник *8.* Измерительный стержень входит во втулку *6.* На другом конце стержня нарезана зубчатая рейка, сцепляющаяся с малым зубчатым колесом *14.* На одной оси с колесом *14* насажено большое зубчатое колесо *10,* сцепляющееся с колесом *11,* несущим на своей оси длинную стрелку *5.* Стрелка *5* отмечает на шкале *2* сотые доли миллиметра.

На оси колеса *14* укреплена малая стрелка *4* для отсчета целых чисел миллиметров (числа полных оборотов стрелки *5*). За счет натяжения волосковой спиральной пружины *13,* действующей на колесо *12,* которое сцеплено с колесом *11,* ликвидируется мертвый ход. Для создания определенного постоянного давления на измерительный стержень *7* действует пружина *9.*

Основная круговая шкала помещена на вращающемся кольце *3* и может устанавливаться в любом положении. Стопор *1* закрепляет шкалу.

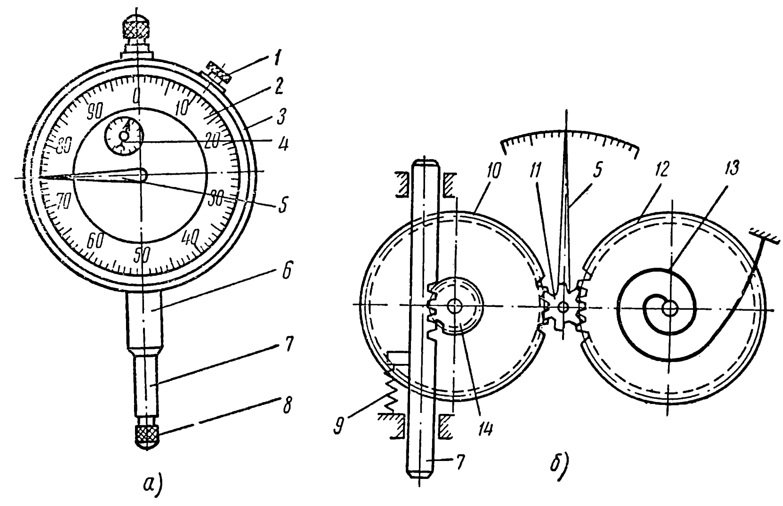


Рис. 37. Индикатор часового типа:
а — общий вид, *б* — устройство

В настоящее время выпускаются индикаторы с ценой деления 0,002 *мм* за счет установки дополнительной пары зубчатых колес.

Индикаторы устанавливают на штативах (рис. 38) или на стойках измерительных столиков аналогично установке миниметров.

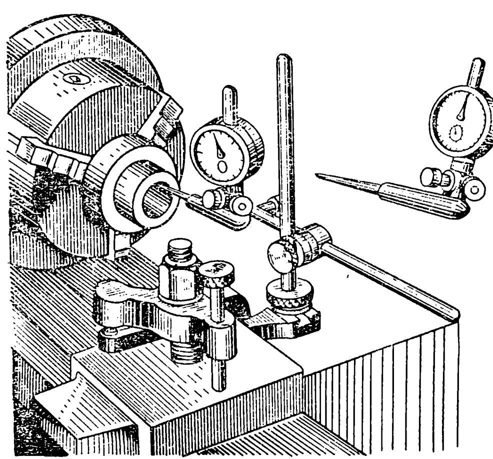
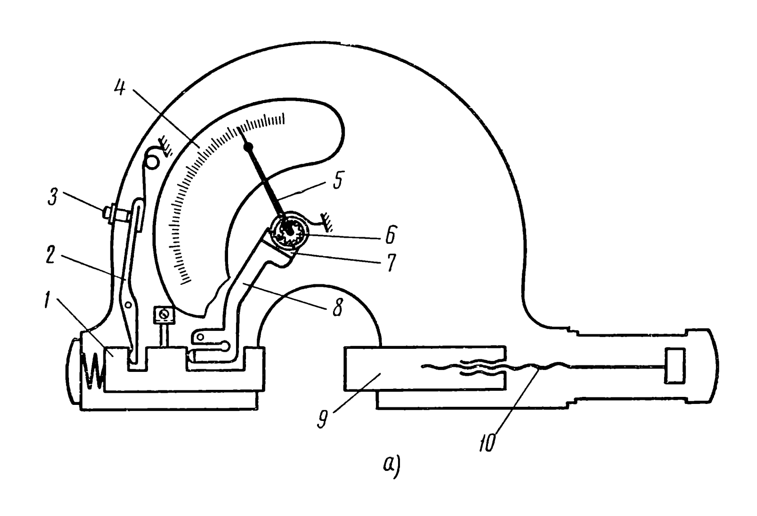


Рис. 38. Установка индикатора на штативе

Рычажная скоба (пассаметр). Рычажная скоба (рис. 39) применяется для измерения наружных поверхностей с точностью до 0,002 *мм*.

В корпусе *13* размещены все детали скобы. Установочная пятка *9* закрепляется неподвижно при помощи стопора *14*.

Нажимом на кнопку предохранителя *3* посредством рычага *2* отодвигают измерительную пятку *1* влево, чтобы не по-



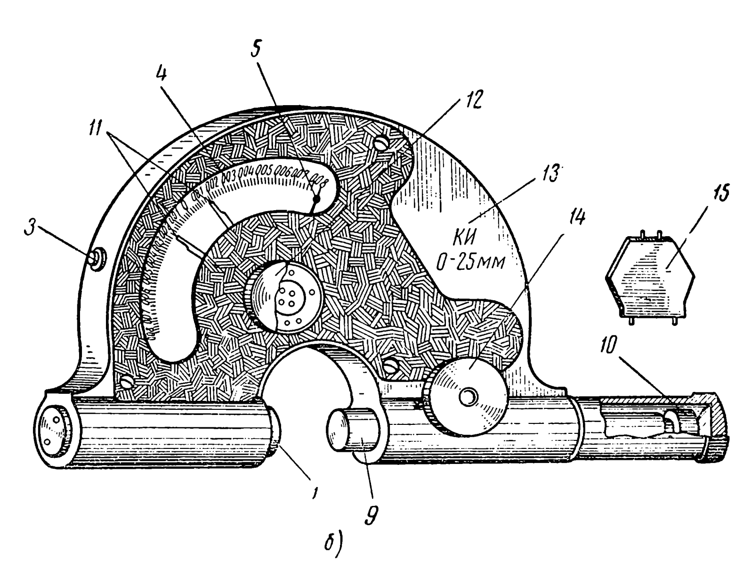


Рис. 39. Рычажная скоба:
а — устройство, *б* — общий вид

вредить ее при подводе проверяемой детали. Когда деталь соприкасается с пяткой *9,* отпускают кнопку *3,* и пятка *1* под действием пружин подводится к поверхности детали с определенным усилием (в 1 *кГ*). При этом поворачивается рычаг *8* с зубчатым сегментом *7* на конце. Сегмент поворачивает зубчатое колесо *6.*

На оси зубчатого колеса закреплена стрелка *5,* которая движется по шкале *4* и указывает действительные размеры детали. Стрелки *11* показывают поле допуска.

Высокая точность отсчета достигается благодаря тому, что даже самое малое перемещение пятки *1* вызывает значительное перемещение рычага *8,* а следовательно, и стрелки *5.*

Чтобы установить прибор на определенный размер, пользуются эталонами (блоком мерных плиток или образцом-шайбой). Для этого освобождают стопор *14* и вращением установочного винта *10* отводят установочную пятку *9* вправо. Затем вводят эталон и установочным винтом перемещают установочную пятку влево, воздействуя через эталон на измерительную пятку *1* и на стрелку *5.* Когда стрелка дойдет до нулевого деления, установочную пятку закрепляют стопором. Затем нажимом на кнопку *3* отводят измерительную пятку и вынимают эталон.

Установку на нуль проверяют 2—3 раза. Затем снимают колпачок *12* и при помощи ключа *15* и устройства для регулировки (развода) красных стрелок-указателей *11* устанавливают поле допуска на размер детали. После этого колпачок устанавливается на место и прибор готов к употреблению. Если при измерении детали стрелка *5* будет расположена между двумя стрелками *11,* то деталь изготовлена в пределах поля допуска.

С помощью рычажных скоб определяются как действительный размер вала, так и числовые значения овальности, конусности. Рычажные индикаторные скобы исключают погрешности контроля, свойственные жестким скобам вследствие их разгиба.

Пассиметр. Пассиметр (рис. 40) предназначен для контроля диаметров отверстий. Он состоит из измерительного штока *1* и индикаторной головки *3.*

Размер на штоке передается на индикатор через систему рычагов.

Перед измерением пассиметр налаживается по микрометру на определенный размер (при этом стрелку индикатора устанавливают на нуль). При вводе измерительного штока в измеряемое отверстие индикатор будет указывать отклонение от заданного размера (отклонение стрелки индикатора от нулевого положения).

Для расширения предела измерения пассиметрами к ним прилагаются сменные измерительные штыри *2* разной длины.

§ 37. ПРЕДЕЛЬНЫЕ КАЛИБРЫ

В условиях серийного и массового производства, когда одинаковые детали изготовляют в очень больших количествах, измерять эти детали универсальным измерительным инструментом (микрометрами, штангенциркулями и т. д.) нецелесообразно, так как при этом затрачивается много времени и требуется большая тщательность и умение рабочего. В этих условиях большей частью пользуются жесткими измерительными инструментами — *предельными калибрами.*

Калибры для проверки валов называют *скобами,* а для проверки отверстий — *пробками.*

У предельных калибров измерительные размеры соответствуют наибольшему и наименьшему предельному размеру обрабатываемой детали. Таким образом, при измерении происходит сравнение размеров детали с предельными размерами.

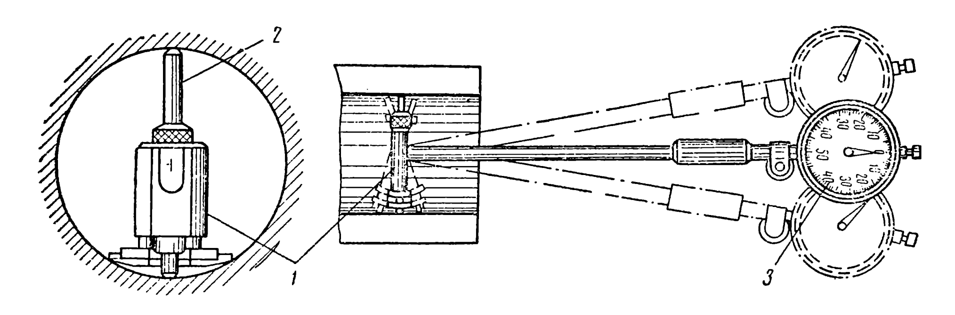


Рис. 40. Измерение внутреннего диаметра пассиметром

У скоб проходной размер соответствует наибольшему предельному размеру деталей, непроходной — наименьшему предельному размеру.

У пробок проходной размер соответствует наименьшему предельному размеру детали, а непроходной — наибольшему.

Предельные калибры (рис. 41) изготовляют в виде двухсторонних пробок, двухсторонних скоб, односторонних двухпредельных регулируемых скоб и односторонних двухпредельных нерегулируемых скоб.

Регулируемые скобы выпускаются для размеров до 500 *мм,* причем размер регулируется в небольшом интервале.

При измерении вала двухсторонней скобой проходная сторона скобы под действием веса скобы должна пройти через диаметр вала, непроходная сторона не должна проходить. На проходной стороне имеется маркировка «ПР», на непроходной — «НЕ».

Чтобы ускорить процесс измерения, применяют одностороннюю двухпредельную скобу. Передние измерительные поверхности — проходные, а задние — непроходные. Когда деталь не проходит через проходной калибр (или проходные измерительные плоскости), то она имеет увеличенный диаметр. Это брак исправимый.

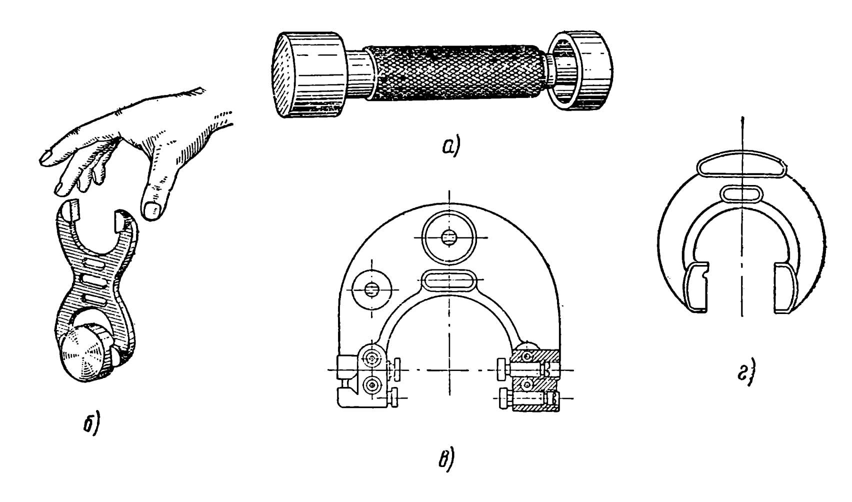


Рис. 41. Предельные калибры:

а — двухсторонняя пробка, *б* — двухстронняя скоба, *в* — односторонняя двухпредельная регулируемая скоба, *г* — односторонняя двухпредельная скоба

Когда деталь проходит и через проходной и через непроходной калибр, то она является браком по заниженному размеру, т. е. брак неисправимый. Поэтому в производстве стремятся выдерживать размер ближе к наибольшему предельному размеру.

§ 38. ПЛОСКОПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ КОНЦЕВЫЕ МЕРЫ ДЛИНЫ

Плоскопараллельные концевые меры длины (мерные плитки) являются измерительным инструментом высокой точности. С помощью мерных плиток проверяют линейные размеры инструментов и деталей, изготовленных с очень высокой точностью, устанавливают измерительные инструменты и приборы на нуль при относительных методах измерения (миниметр и др.), проверяют точность и градуировку измерительных инструментов и приборов, используют при наладке станков и т. д.

Мерные плитки представляют собой стальные закаленные шлифованные и притертые бруски, имеющие форму прямоугольных параллелепипедов, с очень тщательно обработанными из-

мерительными поверхностями. Плитки размером до 10 *мм* имеют нерабочие размеры 9×30 *мм*, плитки размером больше 10 *мм* — 9×35 *мм*.

Плитки комплектуются в наборы. Наиболее распространен набор из 83 плиток, в который входят плитки следующих размеров:

1,005 *мм* . . .	1 шт.
1,01; 1,02; 1,03; 1,04 и т. д. до 1,49 *мм*	49
0,5; 1; 1,5; 2; 2,5 и т. д. до 10 *мм*	20
1,6; 1,7; 1,8; 1,9 *мм* .	4
20, 30, 40, 50 и т. д. до 100 *мм*	9

Применяют еще так называемый микронный набор, состоящий из 9 плиток: 1,001; 1,002; 1,003; 1,004; 1,005; 1,006, 1,007; 1,008 и 1,009 *мм*.

На плитках гравируется их номинальный размер.

Для получения необходимых контрольных размеров плитки составляют в блоки. Количество плиток в блоке должно быть наименьшим.

Составление блока определенного размера начинают с плиток, дающих тысячные доли, затем сотые и десятые доли миллиметра и затем уже целое число миллиметров набирают из одной или нескольких плиток крупного размера. С помощью блоков можно получать размеры с точностью до 0,001 *мм*.

§ 39. ПОНЯТИЕ ОБ ОПТИЧЕСКИХ, ПНЕВМАТИЧЕСКИХ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРАХ

Оптические, пневматические и электрические устройства широко применяются в современных измерительных приборах. Они позволяют получать высокую точность при измерениях, большую производительность, а также возможность использования их для механизированного и автоматизированного контроля.

Оптические устройства. В качестве оптических устройств применяются проекторы, микроскопы, а также рычажно-оптические измерительные приборы — оптиметры, позволяющие производить измерения по шкале с ценой деления 0,001 *мм*.

Пневматические приборы основаны на законах истечения газов из сопла. Под постоянным давлением P_1 (рис. 42) воздух проходит в камеру A через отверстие F_1, а из камеры выходит в атмосферу через отверстие сечением F_2. Давление воздуха P_2 в камере A будет зависеть от сечения отверстий F_1 и F_2 и расстояния l от отверстия F_2 до плоскости $Б$.

При постоянном сечении F_1 и F_2 давление P_2 в камере будет зависеть от размера l. Таким образом, по величине P_2 можно судить о размере l. Чем ближе плоскость $Б$ к отверстию F_2, тем

P_2 будет больше, а чем дальше плоскость *Б,* тем давление P_2 в камере меньше.

Пневматические приборы сочетаются с водяными манометрами или с поплавковыми приборами, которые измеряют давление воздуха P_2.

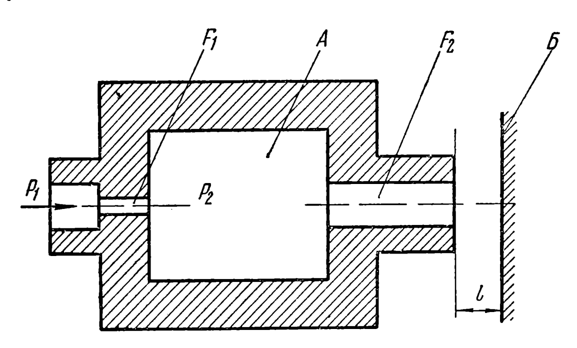


Рис. 42. Схема действия пневматического прибора

Электрические приборы состоят из различного рода размерных электроконтактных, индуктивных, емкостных, фотоэлектрических и других датчиков в сочетании с различными устройствами и шкалами.

Действие их основано на том, что измеряемая деталь подводится под измерительный шток. В зависимости от размера детали шток перемещается и замыкает контакты электроконтактного датчика или изменяет величину коэффициента самоиндукции у индуктивных, емкости у емкостных и величину фотоэлектрического эффекта у фотоэлектрических датчиков. Датчики настраивают по эталонным деталям. На рис. 43 показаны схемы работы датчиков.

Электроконтактный датчик (рис. 43, *а*) подает сигнал, т. е. включает в сеть напряжение при замыкании одного из контактов *6* или *7*. Если размеры детали будут больше наибольшего предельного размера, замкнется контакт *6,* если меньше наименьшего предельного размера — включится контакт *7* Когда размеры детали находятся в пределах допуска, контакты не замыкаются.

Действие индуктивного датчика (рис. 43, б) основано на том, что при прохождении детали *5* под измерительным наконечником *4* шток *3* изменяет свое положение, а вместе с ним перемещается якорь *1.* При этом зазор между якорем и магнитопроводом одной катушки увеличится, а другой уменьшится, вследствие чего индуктивность первой катушки падает, а второй возрастает. По величине разности индуктивностей настраивают датчик на определенные размеры детали, чтобы он подавал

сигналы, если размеры детали будут выходить за предельные значения.

В фотоэлектрическом датчике (рис. 43, *в*) при изменении размера детали шток *1* перекрывает щель *5* и изменяет световой поток, который падает на фотоэлемент *6* от источника *4*. При этом изменяется электроток, протекающий через фотоэлемент, и, когда величина детали будет выходить за предельные значения, датчик дает соответствующий сигнал.

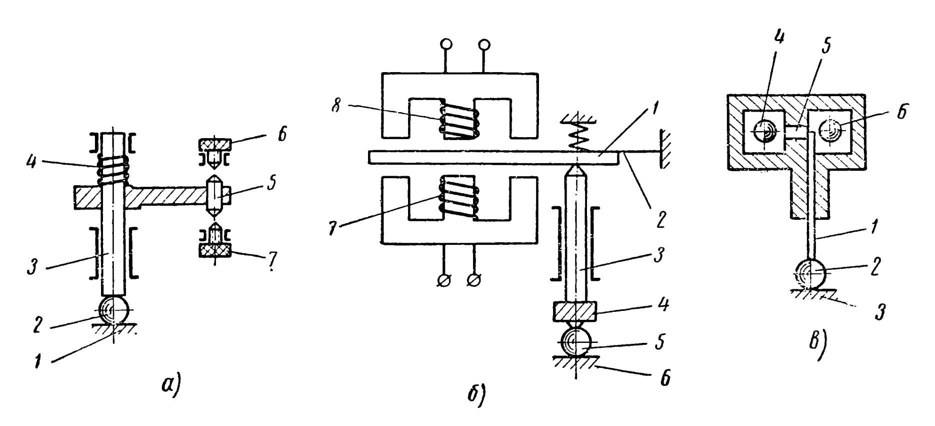


Рис. 43. Схемы действия датчиков:

а — электроконтактного: *1* — плоскость, *2* — деталь, *3* — измерительный шток, *4* — пружина, *5* — контактный мостик, *6* и *7* — неподвижные контакты; *б* — электроиндуктивного: *1* — якорь, *2* — плоская пружина, *3* — шток, *4* — измерительный наконечник, *5* — деталь, *6* — плоскость, *7* и *8* — магнитопроводы катушек; *в* — фотоэлектрического: *1* — измерительный шток, *2* — деталь, *3* — плоскость, *4* — источник света, *5* — световая щель, *6* — фотоэлемент

Важнейшее свойство датчиков заключается в том, что они сочетаются с другими устройствами, которые без участия человека могут сортировать детали по размерам, а также отключать станки или изменять процесс их работы, когда детали достигнут требуемого размера.

§ 40. АВТОМАТИЗАЦИЯ КОНТРОЛЯ ПРИ ШЛИФОВАНИИ

Автоматизация контроля позволяет производить измерения деталей без непосредственного участия рабочего. При этом обеспечивается получение деталей требуемых размеров, а рабочий в освободившееся время может обслуживать дополнительно другие станки.

На шлифовальных станках широко применяются устройства для активного контроля. В частности, для автоматизации контроля валов при шлифовании служат измерительные скобы раз-

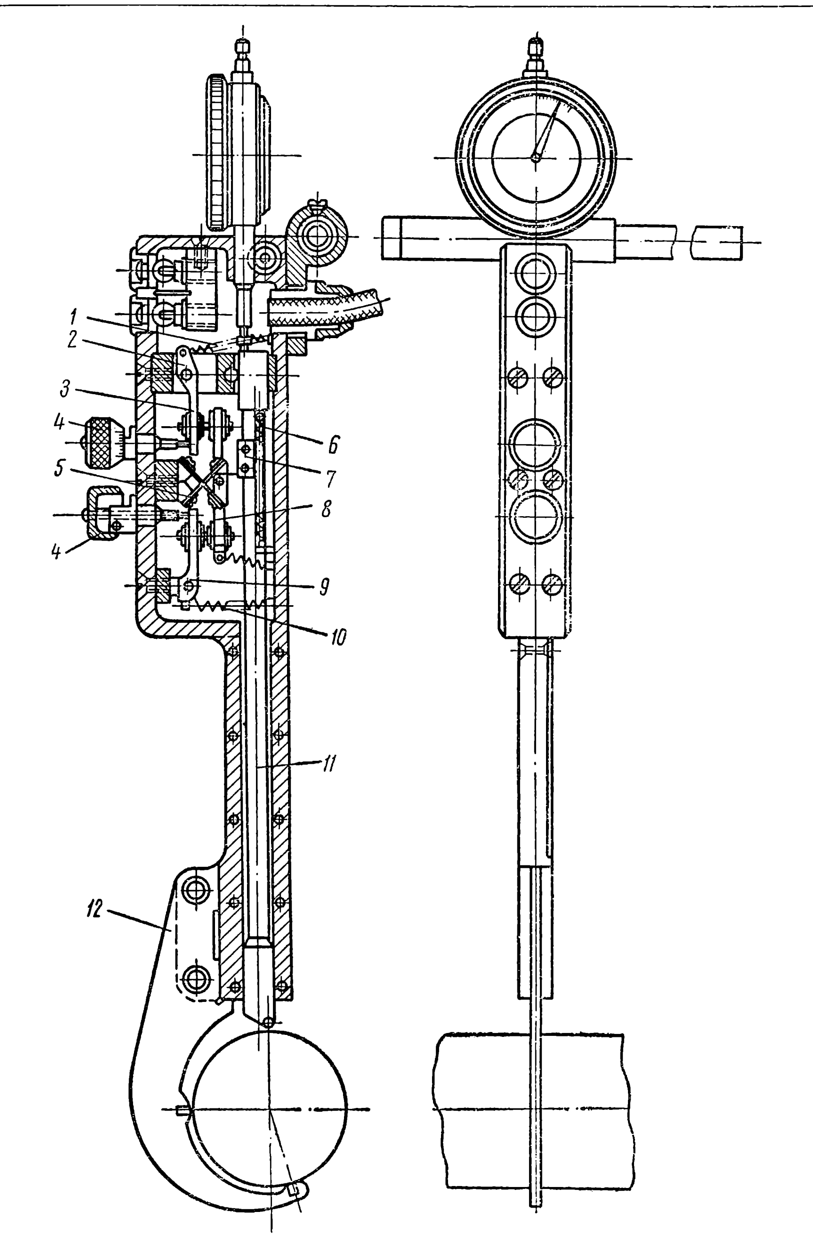


Рис. 44. Устройство для автоматического контроля шлифуемой детали

личной конструкции с размерными датчиками. На рис. 44 представлено устройство Бюро взаимозаменяемости (БВ) при заводе «Калибр» для автоматического контроля.

На обрабатываемую деталь надевается скоба *12,* которая со всем устройством крепится к кожуху шлифовального круга. Посредством специального амортизатора скоба своими неподвижными упорами прижимается все время к обрабатываемой детали. Упоры снабжены твердосплавными наконечниками для уменьшения их износа. По мере того как размеры диаметра детали при шлифовании уменьшаются, измерительный стержень *11* под действием пружины *6* перемещается вниз и угольником *7* действует на контактный рычаг *8*, который крепится к корпусу с помощью плоской крестообразной пружины *5*. Когда рычаг *8* замыкает неподвижные контакты *3*, установленные на промежуточных рычагах *2* и *9,* то в сеть автоматического управления станком поступает напряжение. Это напряжение подается на электромагнит, который выключает станок или переключает подачу с черновой на чистовую.

Контакты *3* постоянно прижаты пружинами *1* и *10* к установочным винтам *4,* с помощью которых происходит регулировка прибора.

В корпусе электроконтактного датчика устанавливается индикатор, связанный со штоком *11*. При опускании штока стрелка индикатора поворачивается, показывая, насколько опустился шток; при этом осуществляется контроль за работой электроконтактного датчика. В корпусе датчика помещены две лампочки — красного и зеленого цвета. Красная лампочка загорается в тот момент, когда замыкаются контакты и подается напряжение на электромагнит, выключающий станок или переключающий режим обработки.

Указанное контрольное устройство избавляет рабочего от необходимости многократно останавливать станок для проверки размера обрабатываемой детали, а также находиться все время у станка и внимательно следить за процессом, позволяет применять многостаночное обслуживание и увеличивает производительность труда.

Глава V

СВЕДЕНИЯ ИЗ ТЕХНИЧЕСКОЙ МЕХАНИКИ

§ 41. ДВИЖЕНИЕ И ЕГО ВИДЫ

Шлифование валика на круглошлифовальном станке происходит в результате вращательного движения шлифовального круга и сложного движения шлифуемого валика: вращение валика в центрах относительно стола и возвратно-поступательное движение вместе со столом.

Чтобы установить некоторые, самые необходимые, закономерности движения, выделим какую-нибудь точку на поверхности валика и проследим за ее перемещением. Мысленно представим себе плоскость, установленную на столе станка перпендикулярно к оси вращения валика и проходящую через взятую точку. При вращении валика точка опишет на этой плоскости окружность, которая называется *траекторией движения* данной точки. Если остановить вращение валика и включить продольное движение стола, то траекторией движения точки будет прямая линия. Траекторией точки при одновременном вращении валика в центрах и продольном движении стола будет винтовая линия.

При установившемся процессе шлифования движение точки происходит равномерно. Путь, пройденный ею за одну секунду, есть скорость движения этой точки:

$$v = \frac{S}{t}$$

где S — длина траектории, описанной рассматриваемой точкой за время t.

Если путь измеряется в миллиметрах, а время в секундах, то скорость будет измеряться в *мм/сек*.

Скорость движения любой точки на поверхности вращающейся детали можно определить двумя способами. Пусть расстояние данной точки от оси вращения равно r и время, за кото-

рое деталь делает один оборот, равно t. Путь, пройденный этой точкой за один оборот детали, будет:

$$S = 2\pi \cdot r,$$

тогда

$$v = \frac{2\pi \cdot r}{t}$$

Полученная таким способом скорость вращения называется линейной скоростью, и она относится только к точкам, расположенным на расстоянии r от оси вращения.

Часто скорость вращательного движения определяют величиной угла, на который данная точка повернулась вокруг своей оси вращения за 1 сек. Определенная таким образом скорость называется *угловой скоростью* вращения. Для определения угловой скорости пользуются уравнением

$$\omega = \frac{\varphi}{t},$$

где φ — угол поворота вращающейся точки в градусах за 1 сек.;
ω — угловая скорость в *град/сек.*

Угловая скорость точек вращающегося тела не зависит от их расстояния от оси вращения.

Угловая скорость также измеряется числом оборотов в секунду или минуту и обозначается буквой n. Зная линейную скорость v точки на поверхности вращающегося тела диаметром d, можно определить число оборотов его в минуту:

$$n = \frac{v \cdot 1000 \cdot 60}{\pi \cdot d} \text{ об/мин}$$

и, наоборот, по числу оборотов в минуту и диаметру вращающегося тела можно определить линейную скорость точки:

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{60 \cdot 1000} \text{ м/сек.}$$

Кратко рассмотренные случаи вращательного движения являются только частным случаем движения тела. Полное исследование многообразных форм движения является предметом раздела технической механики, называемого кинематикой.

§ 42. ПОНЯТИЕ О СИЛЕ

Элементы, определяющие силу. Действие одного тела на другое, в результате которого изменяется состояние их движения, называется силой.

Сила воздействия одного тела на другое всегда характеризуется *направлением*. Так, например, сила тяжести направлена

к центру земного шара, т. е. вертикально; масло в гидроцилиндре действует на поршень по направлению оси цилиндра и т. д. Таким образом, направление — это первый элемент, определяющий силу.

Второй элемент, определяющий силу, — это ее *величина*. Чем больше масса тела, тем больше сила тяжести ее; чем больше давление в гидросистеме, тем больше сила, толкающая поршень. Единицей измерения величины силы принята единица веса килограмм.

Помимо величины и направления сила определяется еще *точкой приложения*. Например, величина силы для подъема груза рычагом зависит от того, в каком месте рычага она будет приложена.

Сложение сил. Все три элемента, определяющие силу, очень наглядно воспринимаются при графическом изображении, когда сила изображается в виде отрезка прямой, называемого *вектором*. Величина вектора в определенном масштабе определяет величину силы. Начало вектора соответствует точке приложения силы, а стрелка на конце вектора указывает направление силы.

На рис. 45 вектор AB изображает силу, приложенную в точке A и направленную под углом 30° к горизонтальной плоскости. При длине вектора $AB=50$ *мм* и масштабе 5 *мм*$=1$ *кГ*, изображаемая сила $P=10$ *кГ*

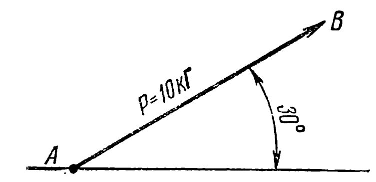


Рис. 45. Графическое изображение величины и направления силы

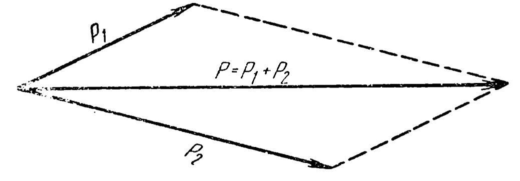


Рис. 46. Сложение сил

Две силы, направленные по одной прямой, можно заменить одной силой, равной их алгебраической сумме и сохраняющей направление большей из слагаемых сил. Отсюда, если две силы равны по величине и направлены по одной прямой в разные стороны, то они уравновешиваются.

Чтобы сложить две силы, приложенные в одной точке и направленные под углом друг к другу, достаточно построить параллелограмм (рис. 46), стороны которого были бы равны данным силам и одинаково с ними направлены. Диагональ полученного параллелограмма будет равнодействующей заданных сил.

Устойчивость равновесия. На каждую частицу тела действует сила притяжения земли, т. е. сила тяжести. Все эти силы практически параллельны, а их равнодействующая есть вес рассматриваемого тела. Точка приложения этой равнодействующей (силы тяжести) называется *центром тяжести тела.*

Положение центра тяжести влияет на характер устойчивости тела. Если центр тяжести тела, опирающегося на точку при положении равновесия, занимает не самое низкое положение, то равновесие тела в этом случае неустойчивое, и наоборот, тело будет находиться в устойчивом равновесии, когда центр тяжести занимает самое низкое положение.

Момент силы. Завертывая гайку гаечным ключом, можно заметить, что чем длиннее используемый ключ, тем с меньшей си-

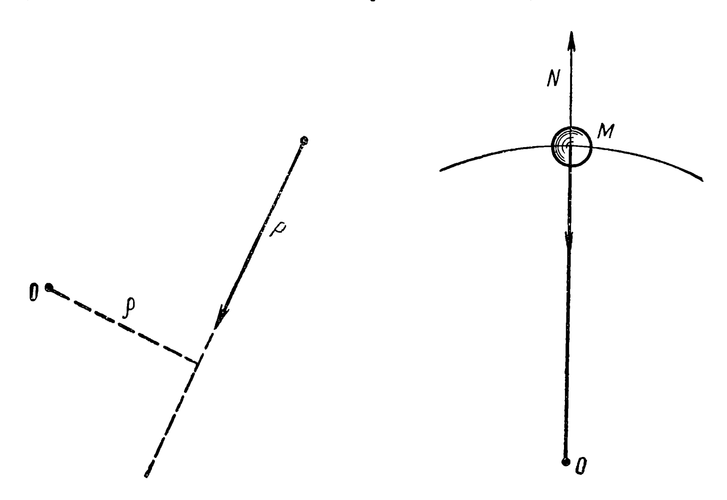


Рис. 47. Момент силы

Рис. 48. Направление центробежной и центростремительной сил

лой можно выполнить операцию. Это значит, что вращающее действие силы относительно оси зависит не только от величины и направления силы, но и от расстояния линии действия прилагаемой силы до оси вращения.

Мерой вращающего действия силы в механике служит величина, называемая *моментом силы.*

Момент силы P относительно точки O (рис. 47) равен

$$M = P \cdot \rho,$$

где ρ — перпендикуляр, опущенный из точки O на направление действия силы P.

Точка O, относительно которой берется момент силы, называется *центром момента,* а расстояние центра момента от ли-

нии действия силы — *плечом силы,* таким образом, моментом силы относительно точки называется произведение силы на ее плечо.

Центробежная и центростремительная силы. Шарику M (рис. 48), соединенному с точкой O проволокой MO, сообщено вращательное движение вокруг оси, проходящей через второй конец проволоки — точку O. Если вначале проволока вследствие своей нежесткости имела произвольную форму, то при вращении шарика она натягивается. Чем больше скорость вращения шарика и чем больше его масса, тем с большей силой натягивается проволока. Сила, которая производит натяжение проволоки, вызвана вращением шарика и называется *центробежной силой.*

Величина центробежной силы определяется по формуле

$$N = \frac{m \cdot v^2}{R}$$

где m — масса вращающегося шарика;
v — его линейная скорость;
R — расстояние центра тяжести шарика от оси вращения.

С такой же силой, с какой шарик действует на проволоку, последняя действует на шарик, притягивая его к центру. Сила, с которой вращающийся шарик притягивается к центру, называется *центростремительной силой.* Центростремительная сила по величине равна центробежной силе, но обратно направлена.

§ 43. ТРЕНИЕ И ЕГО РОЛЬ В ТЕХНИКЕ

При перемещении одного тела по поверхности другого возникает сила сопротивления движению, которая называется *силой трения.*

Сила трения бывает двух видов. При вращении шпинделя шлифовального круга в бронзовых вкладышах создается *трение скольжения.* При трении скольжения каждая точка на шпинделе последовательно соприкасается с бесчисленным количеством точек вкладыша, лежащих на кольцевой линии, по которой эта точка перемещается.

Другая картина наблюдается при движении колеса по рельсу. В этом случае каждая точка на поверхности колеса совпадает только с одной (за один оборот колеса), соответствующей ей точкой на рельсе. Такое движение называется *качением,* а сопротивление, возникающее при качении, называется *трением качения.* Величина силы сопротивления движению при качении значительно меньше, чем при скольжении.

Обычно сила трения создает вредные сопротивления движению, вызывающие увеличенный расход энергии, а также нагрев и усиленный износ трущихся деталей. Поэтому чаще в механизмах стремятся заменить трение скольжения трением качения.

Однако очень часто трение проявляется как положительный фактор, например во всевозможных механизмах торможения. В этих случаях применяют трение скольжения и изыскивают такое сочетание пары трущихся поверхностей, которая отличается большим сопротивлением трения, т. е. большим *коэффициентом трения.*

§ 44. ПОНЯТИЯ О МЕХАНИЗМАХ И МАШИНАХ

Шлифовальный станок производит полезную работу, обрабатывая детали. Механическую энергию для приведения в движение шлифовального круга и шлифуемого изделия получают от электродвигателей, которые потребляют электрическую энергию, вырабатываемую генераторами. Во всех этих случаях мы видим результат работы машин.

Каждая машина состоит из совокупности механизмов. *Механизмом* называется система подвижно связанных между собой тел (называемых звеньями), совершающих заданные движения.

В шлифовальных станках, как и в других металлорежущих станках, широкое распространение имеют механизмы, передающие движение: ременная, зубчатая, червячная и фрикционные передачи и др.

Работа и мощность. Чтобы переместить груз по горизонтальной плоскости, нужно приложить усилие, определяемое в основном силой трения. Если скорость движения груза равномерна, то сила, затрачиваемая на его перемещение, постоянна.

Допустим, что величина прилагаемой силы равна P, а путь, который груз прошел под действием этой силы, равен S, тогда произведение $P \cdot S$ будет количеством работы W, затраченной на перемещение данного груза. За *единицу работы* принят 1 *кГм,* т. е. работа, производимая силой в 1 *кГ* на пути в 1 *м.*

Чтобы оценить эффективность источника энергии, определяют работу, которую он производит в одну секунду, т. е. его мощность.

Единицей мощности принят *кГм/сек.* Часто мощность измеряют более крупными единицами, а именно: лошадиной силой, равной 75 *кГм/сек,* или киловаттом (*квт*), равным 102 *кГм/сек.*

Коэффициент полезного действия. В каждой машине работа движущей силы ($W_{дв}$) тратится на преодоление полезных сопротивлений (например, сопротивления металла резанию) и вредных сопротивлений (например, сопротивления трения). Если обозначить работу полезного сопротивления через $W_{пол}$, а работу вредного сопротивления через $W_{вр}$, то очевидно

$$W_{дв} = W_{пол} + W_{вр}.$$

Разделив обе части этого равенства на $W_{дв}$, получим:

$$1 = \frac{W_{пол}}{W_{дв}} + \frac{W_{вр}}{W_{дв}}.$$

Отношение $\frac{W_{пол}}{W_{дв}}$ показывает, какая доля потребляемой энергии используется по назначению, и называется *коэффициентом полезного действия* (к. п. д.). Так как вредные сопротивления всегда имеются в механизмах, то к. п. д. любой машины всегда меньше единицы.

§ 45. ПОНЯТИЯ О ДЕФОРМАЦИЯХ

Представим себе прямолинейный стержень, зажатый одним концом в тисках. Если повесить на другой свободный конец гирю, то стержень прогнется. В зависимости от величины гири, от сечения стержня и от величины вылета его величина прогиба стержня будет колебаться в значительных пределах. Изменение формы тела или размеров его под действием приложенных к нему сил называется *деформацией тела.*

Если после прекращения действия силы форма тела восстановится, то такая деформация называется *упругой.* Если же после прекращения действия силы тело осталось деформированным, то такая деформация называется *остаточной* или *пластической.*

Различают следующие виды деформаций.

Деформация растяжения и сжатия. Такую деформацию испытывает тело, к которому приложены силы вдоль его оси, как, например, стержень болта, затянутого гайкой, канаты грузоподъемных механизмов и др.

Величина деформации при растяжении тем больше, чем больше величина прилагаемой силы и длина растягиваемого тела и чем меньше сечение его.

Деформация кручения. Примером тела, испытывающего деформацию кручения, может служить вал, на одном конце которого установлен ведущий шкив, а на другом — ведомый. Под действием двух вращающих моментов, направленных в разные стороны, вал закручивается на угол, величина которого зависит от величины крутящих моментов и от сечения вала.

Деформация изгиба. Деформацию изгиба испытывают разного рода балки, имеющие одну или несколько опор и нагруженные сосредоточенными или распределенными силами.

На практике существуют также *сложные деформации* тела, т. е. когда деталь машины подвергается нескольким видам деформации. Например, ходовой валик токарного станка, который одновременно испытывает деформации кручения и изгиба.

---

7 — 1944

Глава VI

ШЛИФОВАЛЬНЫЕ КРУГИ

§ 46. ВИДЫ РЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ И ИХ РАБОТА

Обработка деталей на металлорежущих станках производится путем съема с заготовок излишнего металла в виде стружки различными видами режущего инструмента: резцами, сверлами, фрезами, зенкерами, развертками, метчиками, протяжками, шлифовальными кругами, наждачным полотном, пастой и т. п.

Резцы, сверла, фрезы, зенкеры, развертки, метчики, протяжки изготовляются из инструментальных легированных и быстрорежущих сталей, твердых сплавов и имеют заранее выполненные режущие кромки.

Шлифовальные круги, абразивные бруски, наждачное полотно состоят из отдельных абразивных зерен, скрепленных в целое связующим материалом. Абразивные зерна имеют острые кромки, выполняющие работу резания при соприкосновении с обрабатываемой поверхностью.

Процесс снятия стружки металлическими и абразивными инструментами принципиально одинаков. Режущие грани инструмента, к которому приложено определенное усилие, вдавливаются в поверхность обрабатываемой детали и при движении инструмента производят сдвиг и скалывание элементов стружки.

Кроме общих закономерностей, процессы резания резцом, фрезой, сверлом, абразивными кругами и другими инструментами имеют свои особенности. Рассмотрим, как происходит процесс резания наиболее простым инструментом — резцом, являющимся основой конструкций других режущих инструментов.

Работа резца. Резцами производят обработку деталей на станках токарной группы (токарных, револьверных и др.), строгальных и долбежных.

В процессе резания (рис. 49) режущая часть резца — передняя *OA* и задняя *OE* грани — под действием усилия *P*, передаваемого резцу или детали, вклинивается в материал детали. При

этом передняя грань сжимает слой металла и, преодолев внутренние силы сцепления, производит сдвиг (скалывание) частиц металла (элементов стружки) и их отвод вверх по передней грани резца.

Элементы стружки *1—6* показаны на рис. 49, *г*. Сдвиг элементов стружки происходит под углом 135—155° Если сила *P*

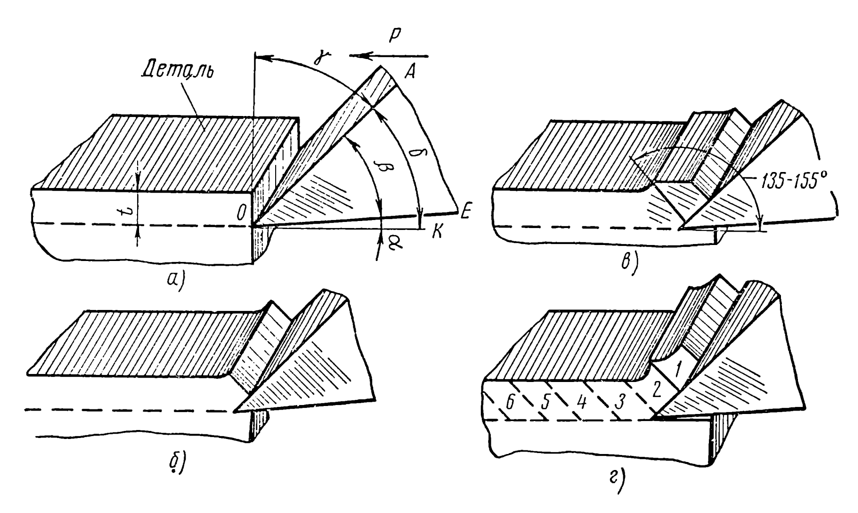


Рис. 49. Схема процесса резания:
б, в и г — начальный и последующие моменты резания

действует непрерывно, то резец последовательно отделяет все элементы стружки и срезает с поверхности детали слой металла глубиной *t*.

Задняя грань *OE* образует с обработанной поверхностью детали угол *EOK*, чтобы уменьшить трение задней грани резца по обрабатываемой поверхности детали.

Углы, образуемые между поверхностями резца и обрабатываемой детали (рис. 49, *а*), имеют следующие обозначения:

γ (гамма) — передний угол;

β (бета) — угол заострения;

α (альфа) — задний угол;

δ (дельта) — угол резания.

Практически усилие, расходуемое на сжатие стружки при резании, зависит от угла δ. Чем меньше δ, тем меньшее требуется усилие.

Угол заострения резца β назначается в зависимости от обрабатываемого материала и материала резца. Угол заострения влияет на выбор скорости резания и на чистоту обработки деталей.

Виды стружек. При обработке твердых металлов образуется стружка, элементы которой имеют вид ступеней и связаны друг с другом довольно прочно; такая стружка называется *стружкой скалывания,* или *ступенчатой* (рис. 50, *а*).

При обработке вязких металлов (меди, мягкой стали) элементы стружки плотно связаны между собой. Внешняя сторона такой стружки имеет мелкие зазубрины, а нижняя, скользящая по передней грани резца, — гладкая и блестящая. Такая стружка называется *сливной* (рис. 50, *б*).

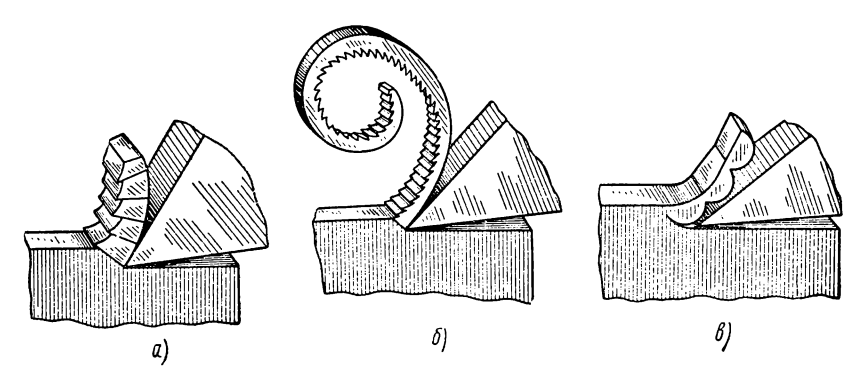


Рис. 50. Виды стружек:
а — скалывания, *б* — сливная, *в* — надлома

При обработке хрупких металлов образуется *стружка надлома* (рис. 50, *в*). Стружка надлома характерна тем, что ее элементы в виде чешуек неправильной формы отделены друг от друга. В отличие от стружки скалывания стружка надлома имеет неровную поверхность со стороны, обращенной к передней грани резца, и гладкую — с противоположной стороны. Такая стружка образуется при обработке чугуна, бронзы.

При образовании стружки надлома на резец действуют неравномерные нагрузки. Такая же неравномерная нагрузка передается детали, приспособлению и станку. Обработанная поверхность при этом получается шероховатой с впадинами и выступами.

Наименьшее колебание сил, действующих на инструмент, деталь, станок, приспособление получается при снятии сливной стружки; при этом получается более чистая обработанная поверхность.

С уменьшением угла резания δ, толщины снимаемого слоя металла t и увеличением скорости резания стружка по своему характеру приближается к сливной. Такое же влияние на форму стружки оказывает применение смазочно-охлаждающих жидкостей.

После снятия стружки свойства поверхностного слоя обрабатываемого материала несколько изменяются; его структура становится более плотной, твердой, уменьшается его пластичность. Это явление называют *наклепом металла.* Чем вязче металл, тем больше наклеп и толщина наклепанного поверхностного слоя.

Работа фрезы. Фрезерование представляет собой вид обработки резанием при помощи инструмента, называемого *фрезой.* Фреза состоит из нескольких режущих зубьев, каждый из которых представляет собой простой резец. Зубья фрезы имеют такие же углы, как и токарный резец.

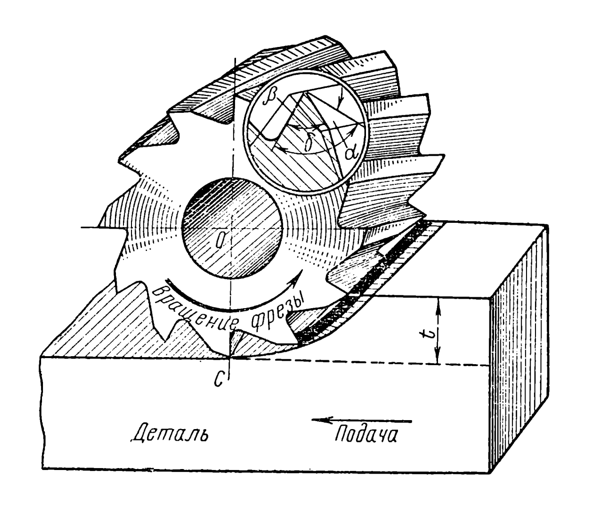


Рис. 51. Процесс резания фрезой

В процессе работы фреза вращается со шпинделем станка, а деталь, закрепленная на столе станка, движется совместно со столом на фрезу. Каждый зуб фрезы поочередно врезается в заготовку и снимает с обрабатываемой поверхности стружку. Слой металла t, снимаемый за один проход фрезы, называется глубиной фрезерования. На рис. 51 показан процесс фрезерования и углы зуба фрезы.

Работа абразивного круга. Работу шлифовального круга можно сравнить с работой фрезы. Абразивные зерна шлифовального круга так же, как и зубья фрезы, периодически вступают в соприкосновение с обрабатываемой поверхностью детали и снимают стружку (рис. 52).

Каждое абразивное зерно представляет собой резец. Количество таких резцов зависит от величины зерен, находящихся в круге, диаметра и ширины круга. Количество абразивных зерен

в круге исчисляется десятками тысяч для кругов малых диаметров и сотнями тысяч для кругов большого диаметра и высоты. Так, круг диаметром 400 *мм,* высотой 40 *мм* и зернистостью 50 имеет не менее 200 тысяч режущих зерен, расположенных на периферии круга.

Элементы стружки, снимаемые абразивными зернами, имеют неодинаковую форму, так как сами зерна отличаются по форме и расположению относительно обрабатываемой поверхности.

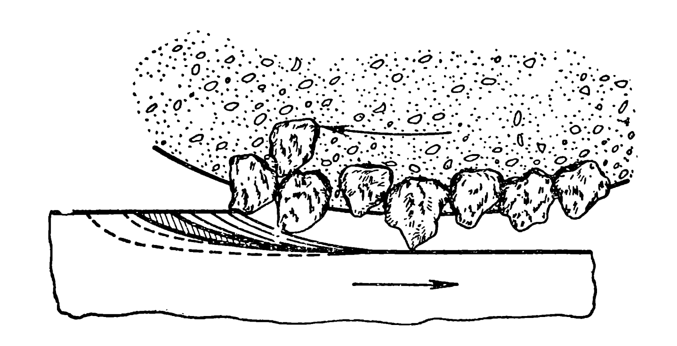


Рис. 52. Процесс резания абразивными зернами

Стружка имеет очень малые размеры. Под микроскопом видно ее сходство со стружкой, получаемой при токарных, фрезерных и строгальных работах. Это свидетельствует о том, что резание абразивными инструментами подчиняется тем же законам, что и резание стальными и твердосплавными лезвийными инструментами. В процессе шлифования абразивные зерна своими острыми кромками врезаются в обрабатываемую поверхность и, преодолев силы сцепления между частицами материала, отделяют стружку.

Шлифование в отличие от фрезерования имеет свои особенности. Так, зерна круга в отличие от зуба фрезы имеют неправильную округленную в вершинах геометрическую форму и произвольно расположены в круге. Это вызывает непостоянное значение переднего угла, который, как правило, является отрицательным (тупым). Процесс шлифования состоит из суммарного массового очень тонкого резания отдельными зернами-резцами материала детали. Процесс снятия стружки отдельным зерном происходит за очень короткий промежуток времени (0,0001—0,00005 сек.), т. е. практически мгновенно, но благодаря большому количеству зерен процесс стружкообразования протекает для всего круга непрерывно.

В процессе шлифования затупившиеся зерна могут выкрашиваться за счет увеличивающейся нагрузки на затупившееся

абразивное зерно. При этом обнажаются новые острые зерна. Таким образом, в отличие от фрезы круги могут самозатачиваться.

§ 47. АБРАЗИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Для изготовления абразивного инструмента применяют мелкие зерна искусственных и естественных абразивных материалов. Чтобы врезаться в шлифуемый материал, например закаленную сталь, твердый чугун и др., материал режущего инструмента должен быть более твердым, чем обрабатываемый материал.

Абразивный инструмент должен иметь острые режущие грани, обладать высокой температурной стойкостью, прочностью.

В качестве материала для абразивного инструмента используют:

а) минералы естественного происхождения: алмаз, гранат, кварц, наждак, корунд, известь, окись хрома, окись железа;

б) минералы искусственного происхождения: электрокорунд, карбид кремния (карборунд), карбид бора, монокорунд, борсиликарбид.

Твердость этих материалов определяется по принятой в минералогии шкале твердости Мооса, по которой твердость алмаза равняется 10 единицам.

Алмаз — одна из трех разновидностей углерода (уголь, графит, алмаз) — является редким, дорогим минералом. Алмаз обладает наивысшей твердостью из всех известных естественных и искусственных материалов, уступая лишь борсиликарбиду.

Алмазы, применяемые в промышленности, носят название *технических алмазов* и широко используются для правки шлифовальных кругов, изготовления абразивных кругов и брусков, для заточки режущего инструмента, при бурении нефтяных скважин и т. д.

В настоящее время для этих целей применяют *искусственные синтетические алмазы*. Искусственные алмазы имеют более шероховатую поверхность граней и изрезанные ребра. Поэтому круги, изготовленные из них, производительнее кругов из натуральных алмазов в среднем на 35%, а в отдельных случаях на 100%.

Гранат — это химическое соединение алюминия с силикатом магнезии и марганца.

Кварц — горная порода в виде гальки и песка, представляет собой химическое соединение кремния с кислородом (SiO_2).

Наждак — горная порода, состоящая из корунда и магнетита (железной руды). Содержание чистого корунда в наждаке 40—50%. Наждак неоднороден и имеет низкую твердость по сравнению с другими абразивными материалами, а потому применение его ограничено.

Корунд — минерал, состоящий из окиси алюминия (Al_2O_3 от 70 до 92%) с примесями окиси железа, слюды, кварца и др. Встречается в виде сапфиров, рубинов и обыкновенных корундов. Обыкновенный корунд применяется для изготовления шлифовальных кругов. Зерна корунда очень твердые и при размоле образуют раковистый излом с острыми гранями, однако в тяжелых условиях шлифования быстро теряют форму, т. е. тупятся.

Электрокорунд — искусственный корунд, получаемый путем электрической плавки из материалов, богатых окисью алюминия (например, бокситов и глинозема). В настоящее время различают три вида электрокорундов:

1. Электрокорунд нормальный получается методом восстановительной плавки бокситов. Он содержит окись алюминия в количестве не менее 87% и имеет цвета от серо-коричневого до темно-коричневого.

2. Электрокорунд белый (корракс) получается переплавкой чистого глинозема. Он содержит окись алюминия в количестве не менее 97%, имеет белый или светло-розовый цвет.

3. Монокорунд — это разновидность электрокорунда. В зависимости от количества примесей разделяется на два вида: а) с содержанием окиси алюминия от 96,5 до 97,4% и б) с содержанием окиси алюминия от 97,5 до 98,5%.

Карбид кремния (SiC) представляет собой химическое соединение кремния и углерода. Получают его в электрических печах при температуре 2100—2200° из кварцевого песка и кокса. Зерна карбида кремния имеют темно-синюю и зеленую окраску с металлическим блеском и цветами побежалости.

Карбид кремния очень твердый материал (по твердости следующий после алмаза), его зерна обладают острыми режущими гранями, легко врезаются в обрабатываемый материал и способны выдерживать температуру до 2050°

Различают два вида карбида кремния по цвету — карбид кремния черный и карбид кремния зеленый.

Карбид бора получается из технической борной кислоты и малозольного углеродистого материала (например, нефтяного кокса, пекового кокса, сажи и т. д.) сплавлением при температуре 2000—2350° в электропечах.

Борсиликарбид известен под названием порошка В-1, является новым твердым материалом, полученным во ВНИИАШ. В отличие от карбида бора он не содержит вредной примеси графита. Применяется в виде микропорошка для паст.

Окись железа получается переработкой железного купороса и щавелевой кислоты. Применяется в виде порошка.

Окись хрома — порошок темно-зеленого цвета, получаемый из бихромата калия с примесью серы.

Известь — природный мягкий и тонкий полирующий материал, более известный под названием венской извести. Полу-

чают ее обжигом извести и очисткой от примесей песка и глин путем отмучивания.

Области применения, указанных абразивных материалов даны в табл. 5.

§ 48. ЗЕРНИСТОСТЬ АБРАЗИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ

В шлифовальном круге, бруске или порошке используются абразивные зерна определенного размера, чтобы снимаемые ими стружки были бы одинаковыми. Для снятия большой стружки применяют шлифовальные круги с крупными зернами, для удаления небольшой стружки — с зернами помельче.

При подготовке абразивного материала для инструмента большие куски абразивного материала размельчаются в дробилках до получения зерен требуемых размеров. После дробления зерна очищаются от посторонних примесей, проходят химическую и термическую обработку.

Зернистость абразивных материалов (размер зерен) определяется размерами сторон ячеек двух последовательных сит, через которые производится просев или анализ отобранного абразивного зерна (порошка).

По крупности зерна различают следующие номера: 200; 160; 125; 100; 80; 63; 50; 40; 32; 25; 20; 16; 12; 10; 8; 6; 5; 4; 3; М40; М28; М20; М14; М10; М7; М5.

Зернистость абразивных материалов по ГОСТ 3647—59 задается длиной стороны сетки в сотых долях миллиметра (по старому ГОСТ размеры определялись количеством проволочек сита на длине в один дюйм).

Перевод обозначений зернистости из метрической в дюймовую систему и наоборот приводится в табл. 6.

Бóльшие размеры зерен, указанные в таблице, соответствуют тому размеру отверстий сита, сквозь которые они проходят, а меньшие размеры — тому, при котором зерна задерживаются.

Абразивные материалы по величине зерен разделяются на 3 группы со следующими номерами зернистости:

1) шлифзерно — 200; 160; 125; 100; 80; 63; 50; 40; 32; 25; 20; 16;

2) шлифпорошки — 12; 10; 8; 6; 5; 4; 3;

3) микропорошки — М40; М28; М20; М14; М10; М7; М5.

Микропорошки обозначаются буквой М и числом, показывающим наибольший размер зерна в микронах.

Размер зерен микропорошков определяется измерением через микроскоп наибольшей ширины площади зерна, которую видно в поле зрения микроскопа. Размеры зерен в шлифпорошках № 4 и 3 измеряются комбинированным методом,

Таблица 5

Области применения абразивных материалов в шлифовании

Наименование абразивного материала	Вид употребления	Вид работ
Алмаз	Зерна и порошки в свободном (незакрепленном) виде, в виде шлифовальных кругов и алмазно-металлических карандашей	Шлифование, резание и доводка алмазов, рубинов, стекла и других труднообрабатываемых материалов Правка шлифовальных кругов. Заточка твердосплавного инструмента
Корунд естественный (Al_2O_3 более 90%)	Зерна для шлифовальных кругов специального назначения. Порошки, микропорошки и пасты из них	Шлифование шариков для подшипников качения. Шлифование и доводка металлов, стекла и других материалов
Наждак	Порошки и пасты из них	Притирка деталей
Гранат	Зерна в свободном виде	Шлифование стекла
Кварц	Зерна для шлифовальных кругов и абразивной шкурки	Ведущие круги для бесцентрового шлифования. Обработка дерева, эбонита, кожи и др.
Известь	Микропорошки	Окончательное полирование различных деталей
Окись хрома	Микропорошки и пасты из них	Притирка деталей из стали, цветных металлов, доводка инструмента, полирование металлов, стекла и др.
Окись железа	Микропорошки и пасты из них	Полирование стекла, деталей из стали, цветных сплавов
Электрокорунд нормальный (Al_2O_3 до 39%)	Зерна и порошки для кругов на органической связке. Порошки	Чистовое шлифование машиноподелочной и углеродистой стали в сыром и закаленном состояниях. Отделочная обработка порошками металлических изделий

Продолжение табл. 6

Наименование абразивного материала	Вид употребления	Вид работ
Электрокорунд нормальный (Al_2O_3 91—92%)	Зерна для шлифовальных кругов на органической связке. Порошки	Обдирочное шлифование чугунного и стального литья, поковок, штампованных деталей и зачистка стальных швов. Отделочная обработка порошками металлических изделий
Электрокорунд нормальный (Al_2O_3 до 93%)	Зерна для абразивного инструмента на различных связках	Шлифование конструкционных и углеродистых сталей в сыром и закаленном виде, легированных сталей, ковкого и серого чугуна, твердой бронзы
Электрокорунд нормальный (Al_2O_3 до 95%)	Зерна и порошки для абразивных инструментов на различных связках. Круги для скоростного шлифования	Шлифование углеродистых и легированных сталей в закаленном виде, быстрорежущих сталей, их заменителей, заточка инструмента
Электрокорунд белый (Al_2O_3 до 97%)	Зерна и порошки для абразивных инструментов на органических связках. Порошки	Шлифование и доводка легированных и закаленных сталей.
Электрокорунд белый (Al_2O_3 98—99%)	Зерна, порошки и микропорошки для абразивных инструментов на различных связках. Круги для скоростного шлифования	Шлифование и доводка легированных и закаленных сталей. Заточка и доводка режущего инструмента
Монокорунд (Al_2O_3 96,5—97,4%)	Порошки и пасты из них	Доводка закаленных углеродистых и легированных сталей
Монокорунд (Al_2O_3 97,5—98,5%)	Зерна и порошки для абразивных инструментов на различных связках	Шлифование легированных, цементированных, закаленных и азотированных сталей. заточка и доводка режущего инструмента.
Карбид кремния черный (SiC 95—97%)	Зерна и порошки	Шлифование незакрепленным зерном твердых металлов и неметаллов
Карбид кремния черный (SiC 97—98%)	Зерна и порошки для абразивных инструментов на различных связках	Зернистостью 16—36 — обработка чугуна, меди, алюминия, стекла, фарфора, камня, эбонита и т. д.

Продолжение табл. 5

Наименование абразивного материала	Вид употребления	Вид работ
		Зернистостью 46—80 — шлифование твердых и хрупких материалов. Заточка инструментов, оснащенных твердыми сплавами
Карбид кремния зеленый (SiC 98—99%)	Зерна и порошки для абразивных инструментов на различных связках. Порошки и микропорошки	Тонкое шлифование и доводка легированных и закаленных сталей и неметаллических материалов высокой твердости
Карбид кремния зеленый (SiC 98—99%)	Зерна для абразивных инструментов на различных связках	Шлифование твердых сплавов, заточка твердосплавного инструмента, заточка минералокерамических резцов. Обработка неметаллических материалов высокой твердости
Карбид бора	Порошки и пасты из них	Доводка режущих инструментов из твердых сплавов и минералокерамических резцов. Расшлифовка и доводка калибровых колец из твердых сплавов, шлифование точных технических и часовых камней из искусственного рубина, сверление и доводка подпятников для специальных измерительных приборов и т. п.
Борсиликарбид	Марка А — порошки и микропорошки М3 и крупнее для абразивных инструментов на органических связках	Тонкое шлифование и доводка хрупких материалов: технического рубина, кварца, оптического стекла, полупроводников, твердых сплавов и т. д.
	Марка Б — шлифпорошки и микропорошки М14 и крупнее для абразивных инструментов на органических связках	Шлифование, резка и доводка твердых сплавов, специальных сплавов из металлов, доводка поверхностей деталей из неметаллов высокой твердости

Таблица 6

Обозначения номеров зернистости абразивных материалов в метрической и дюймовой системах

Номера зернистости		Зерна проходят через сито с сеткой		Зерна остаются на сите с сеткой	
по ГОСТ (в 0,01 *мм*)	в дюймовой системе (в мешах)	номинальный размер стороны ячейки в свету, *мк*	№ сетки	номинальный размер стороны ячейки в свету, *мк*	№ сетки
200	10	2500	2,5	2000	2
160	12	2000	2	1600	1,6
125	16	1600	1,6	1250	1,25
100	20	1250	1,25	1000	1
80	24	1000	1	800	08
63	30	800	08	630	063
50	36	630	063	500	05
40	46	500	05	400	04
32	54	400	04	315	0315
25	60	315	0315	250	025
20	70	250	025	200	02
16	80	200	02	160	016
12	100	160	016	125	0125
10	120	125	0125	100	01
8	150	100	01	80	008
6	180	80	008	63	0063
5	230	63	0063	50	005
4	280	50	005	40	004
3	320	40	004	—	28

Таблица 7

Зернистость абразивных материалов, применяемых для различных работ (ГОСТ 3647—59)

Номера зернистости		Виды работ
по ГОСТ (в 0,01 *мм*)	в дюймовой системе (в мешах)	
125—80	16—24	Зачистка сварных швов, литья и т. д.
50—40	36—46	Черновое шлифование деталей. Предварительная заточка режущих инструментов
40—16	46—80	Получистовое и чистовое шлифование деталей, заточка быстрорежущих и твердосплавных инструментов
16—12	80—100	Чистовое шлифование деталей (например, беговых дорожек колец подшипников), заточка мелкого инструмента
12—4	100—280	Резьбошлифование
6—5	180—230	Доводка многолезвийного инструмента
6—3	180—320	Отделочное шлифование

т. е. зерна крупнее 40 *мк* определяются размерами сторон сита, а более мелкие — линейным измерением зерен под микроскопом.

Выбор круга по зернистости производится в зависимости от вида шлифования, величины съема шлифуемого материала, требуемой чистоты поверхности и точности обработки. Круги с крупным зерном увеличивают съем металла при шлифовании, повышают производительность труда, но при этом на поверхности детали оставляют значительные риски; потому их применяют на обдирочных работах.

Мелкозернистые круги применяют при чистовых и отделочных работах. В табл. 7 даны рекомендации по выбору зернистости абразивного материала.

§ 49. СВЯЗУЮЩИЕ ВЕЩЕСТВА

Абразивные зерна после сортировки по размерам соединяются в единую прочную массу для образования шлифовального круга определенной формы посредством связующего вещества.

Связующие вещества делятся на неорганические и органические. К неорганическим относят керамическую, силикатную и магнезиальную связку, к органическим — бакелитовую и вулканитовую.

Керамическая связка представляет собой огнеупорную глину и полевой шпат. Смесь из связки и абразивного зерна прессуется или отливается. Литые круги более хрупки и пористы, чем прессованные. Различная твердость кругов достигается путем подбора состава связки, а различная пористость — режимами прессования.

Керамическая связка устойчива при высоких температурах, обладает большой химической стойкостью, а потому допускает при шлифовании применение различных охлаждающих и смазывающих жидкостей. На керамической связке изготовляют шлифовальные круги из электрокорунда нормального, электрокорунда белого, карбида кремния черного и зеленого.

Керамическая связка допускает скорость круга до 50 *м/сек*. Тонкие круги на керамической связке не могут воспринимать боковых нагрузок.

Силикатная связка состоит из жидкого стекла. Эта связка не дает прочного закрепления зерен в круге, так как жидкое стекло слабо сцепляется с абразивными зернами. Круги на силикатной связке применяются, когда обработка детали ведется без охлаждения и в то же время обрабатываемая поверхность детали не должна перегреваться. При нагреве связка легко освобождает

затупившиеся зерна с поверхности круга, при этом вводятся в работу новые острые зерна.

Магнезиальная связка представляет собой каустический магнезит и хлористый магний (цемент Сореля). Применяется для изготовления кругов из наждака и естественного корунда.

Круги на магнезиальной связке неоднородны, быстро и неравномерно изнашиваются, т. е. имеют малую стойкость. Они очень чувствительны к сырости, под действием которой разрушаются, а также к повышенным температурам.

Бакелитовая связка состоит из бакелитовой смолы в виде порошка или бакелитового лака. Это наиболее распространенная из органических связок.

Круги на бакелитовой связке изготовляют из всех абразивных материалов. Они обладают высокой прочностью и упругостью, устойчивы при высоких температурах, но пористость их ниже, чем у кругов на керамической связке.

Круги на бакелитовой связке работают при скоростях 35—70 *м/сек*. Эта связка позволяет изготовлять круги для отрезных работ толщиной (высотой) до 0,18 *мм*.

При тяжелых работах, где температура резания достигает более 300°, связка быстро выгорает, а зерна выкрашиваются. Под действием щелочных жидкостей бакелитовая связка частично разрушается, а потому применение охлаждающих жидкостей с содержанием соды более 1,5% не рекомендуется.

Вулканитовая связка представляет в своей основе каучук. Для изготовления кругов абразивный материал смешивают с каучуком, а также серой и другими компонентами в малых количествах. В специальных формах под прессом производят вулканизацию абразивной смеси, при этом каучук становится твердым и эластичным. При температуре выше 150° каучук размягчается и начинает выгорать.

Вулканитовые круги прочны и эластичны, что позволяет использовать их для прорезных и отрезных работ. Они обладают хорошей полирующей способностью и допускают работу со щелочными охлаждающими жидкостями. При шлифовании высокоуглеродистых сталей во избежание прижогов и трещин применяют круги на бакелитовой и вулканитовой связках. Круги на вулканитовой связке более упруги, чем на бакелитовой, но их пористость меньше.

В настоящее время абразивные заводы освоили выпуск кругов с тканевыми прокладками. Абразивный порошок смешивается с бакелитовой смолой и помещается в пресс-форму между слоями ткани. При сжатии пресс-формы и нагреве получают монолитные абразивные круги, упрочненные прокладками. Такие круги обладают большой прочностью и позволяют работать со скоростью 70 *м/сек*.

§ 50. ТВЕРДОСТЬ ШЛИФОВАЛЬНЫХ КРУГОВ

Твердость шлифовального круга определяет силу, с которой абразивные зерна круга удерживаются связкой. Согласно ГОСТ 3751—47 под твердостью абразивного инструмента понимается сопротивляемость связки вырыванию абразивных зерен с поверхности инструмента под влиянием внешних усилий. Чем тверже круг, тем больше усилий нужно, чтобы вырвать зерно из связки. Шкала твердости абразивного инструмента по ГОСТ указана в табл. 8.

Таблица 8

Твердость абразивных инструментов

Обозначение	Наименование	Группа твердости
М	Мягкие	М1; М2; М3
СМ	Средней мягкости	СМ1; СМ2
С	Средние	С1; С2
СТ	Средней твердости	СТ1; СТ2; СТ3
Т	Твердые	Т1; Т2
ВТ	Весьма твердые	ВТ1; ВТ2
ЧТ	Чрезвычайно твердые	ЧТ1; ЧТ2

Цифры 1, 2, 3 справа от буквенных обозначений характеризуют степень твердости инструмента в порядке ее возрастания.

На керамической и бакелитовой связке выпускаются инструменты всех твердостей, а на вулканитовой — только СМ1; СМ2; С1; С2; СТ1; СТ2; СТ3; Т1; Т2.

Для обработки твердых материалов применяются более мягкие круги, для мягких материалов — более твердые.

Твердость шлифовальных кругов определяется тремя методами: 1) пескоструйным, 2) вдавливанием шарика, 3) высверливанием лунки.

Пескоструйный метод состоит в том, что на поверхность испытываемого круга под давлением направляется струя кварцевого песка, который оставляет на поверхности лунки. По глубине лунок судят о твердости круга. Этот метод применяют для определения твердости кругов на керамической и бакелитовой связке зернистостью от № 10 до 100 по дюймовой системе (от 200 до 12 в сотых долях миллиметра).

При втором методе в поверхность круга под определенной нагрузкой вдавливается закаленный шарик. В мягком круге он оставляет более глубокую лунку, чем в твердом. По глубине лунки судят о твердости кругов. Этот метод применяется для кругов на бакелитовой и вулканитовой связке зернистостью от № 100 по дюймовой системе до М14 (от 12 в сотых долях миллиметра до М14).

Метод высверливания лунки состоит в том, что специальным сверлом производят сверление лунки определенной глубины при постоянном давлении на сверло. По количеству оборотов сверла судят о твердости круга.

Этот метод применяют для кругов на вулканитовой связке зернистостью от № 24 до № 120 в дюймовой системе (от 80 до 10 в сотых долях миллиметра).

§ 51. СТРУКТУРА ШЛИФОВАЛЬНОГО КРУГА

Под структурой шлифовальных кругов понимают их внутреннее строение, т. е. количественное соотношение и взаимное расположение зерен, связки и пор в массе круга. Поры представляют собой маленькие пустоты в материале круга, которые служат для размещения в них отделяемой при шлифовании стружки. Стружка не должна задерживаться в порах, иначе круг потеряет режущую способность, произойдет засаливание круга.

На рис. 53 показаны структуры шлифовальных кругов одной зернистости и связки. Чем плотнее структура, тем больше зерен

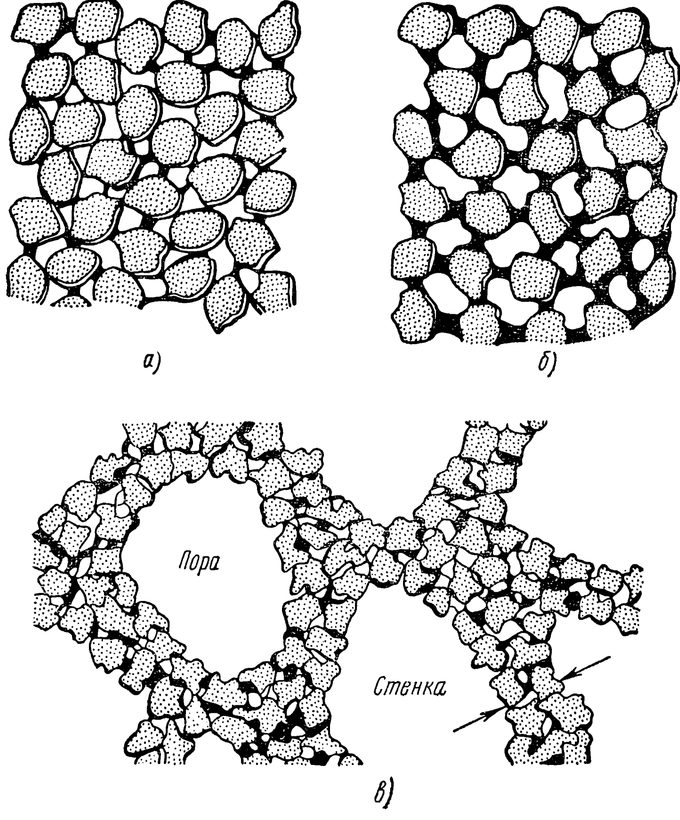


Рис. 53. Структура шлифовального круга:
а — закрытая, *б* — открытая, *в* — высокопористая

на единицу поверхности и меньше пор. В открытой структуре количество пор в круге больше и зерна располагаются на большем расстоянии друг от друга. В последнее время применяют *структурные* круги — круги с заданным расположением пор.

Шкала кругов с нормированной структурой состоит из 13 номеров. Каждый номер структуры характеризуется определенным соотношением и взаимным расположением зерен, связки и пор круга.

Так, структура 5 для круга твердости СМ1 характеризуется объемом зерен 52%, объемом связки 9%, объемом пор 39%. Структура 6 для круга той же твердости характеризуется объемом абразивных зерен 50%, объемом связки 11%, объемом пор 39%.

Таблица 9

Объемный процент зерна в шлифовальных кругах различных структур

№ структуры	Объемный % зерна	№ структуры	Объемный % зерна
1	60	7	48
2	58	8	46
3	56	9	44
4	54	10	42
5	52	11	40
6	50	12	38

В табл. 9 указан объемный процент зерна в кругах различных структур.

В настоящее время начинают применять высокопористые шлифовальные круги, имеющие структуру от 13 до 18. Поверхность этих кругов напоминает губчатое тело. Такие круги значительно легче по удельному весу, чем структурные круги. Высокопористый круг засаливается меньше, и, кроме того, большие поры позволяют воздушному потоку, образующемуся при шлифовании, охлаждать режущие зерна и тем самым улучшать режущую способность круга. Такими кругами можно успешно обрабатывать вязкие материалы — медь, латунь, пластмассы, кожу и т. д.

При выборе круга по структуре руководствуются правилом: чем мягче обрабатываемый материал, тем больше номер структуры, и наоборот, чем тверже обрабатываемый материал, тем меньше номер структуры.

§ 52. ФОРМА КРУГОВ И ИХ МАРКИРОВКА

Форма кругов. Шлифовальные круги изготовляют различной формы и размеров. Форма круга выбирается в зависимости от конструкции станка, крепежных устройств и условий шлифования.

Размеры шлифовальных кругов выбираются по размерам и мощности станка, по размерам обрабатываемого изделия, конструкции и размерам крепежных устройств и защитных кожу-

ков. При выборе размера круга руководствуются правилом — всегда брать возможно больший размер, так как это улучшает условия резания (уменьшается дуга контакта).

ГОСТ 2424—60 определяет формы сечений, обозначения и размеры шлифовальных кругов (рис. 54).

Маркировка круга. Каждый шлифовальный круг имеет свою характеристику, наносимую на круг заводом-изготовителем в виде маркировки. В маркировку входят: марка завода-изготовителя, материал абразивного зерна, зернистость, твердость, структура, форма круга, размер наружного диаметра, высота, размер внутреннего диаметра, допускаемая предельная окружная скорость. Эти данные обозначаются условными знаками в указанной последовательности на торце круга:

а) завод-изготовитель: ЧАЗ (Челябинский абразивный завод); ЗАЗ (Запорожский абразивный завод) и т. д.;

б) абразивный материал: электрокорунд — Э; электрокорунд белый — ЭБ; монокорунд — М; карбид кремния черный — КЧ; карбид кремния зеленый — КЗ;

в) № зернистости: 12; 16; 20; 220; 280; 320; М40; М28 и т. д.;

г) связка: керамическая — К; бакелитовая — Б; вулканитовая — В;

д) твердость: М1; М2; М3; СМ1; СМ2; С1; С2; СТ1; СТ2; СТ3; Т1; Т2; ВТ1; ВТ2; ЧТ1; ЧТ2;

е) структура: 1, 2, 3, 4 и т. д.;

ж) форма круга: плоский прямого профиля — ПП; плоский с двухсторонним конусом 40° — 2П и т. д.

Пример. Круг с маркировкой:

ЧАЗ
ЭБ46 СМ2 К 6
ПП 450×63×127
35 *м/сек*

имеет следующую характеристику:

ЧАЗ — завод-изготовитель — Челябинский абразивный завод;
ЭБ — абразивный материал — электрокорунд белый;
46 — № зернистости;
СМ2 — твердость круга — средней мягкости второй;
К — керамическая связка;
6 — структура;
ПП — форма круга — плоский прямого профиля;
450 — наружный диаметр, *мм*;
63 — высота, *мм*;
127 — внутренний диаметр, *мм*;
35 *м/сек* — предельная скорость круга.

Шлифовальный круг второго сорта выпускается с надписью 2С.

Шлифовальные круги для скоростного шлифования имеют красную полосу и обозначение 50 *м/сек*.

Форма шлифовального круга	Наименование шлифовального круга	Условное обозначение формы	Форма шлифовального круга	Наименование шлифовального круга	Условное обозначение формы
	Плоский прямого профиля	ПП		Плоский с выточкой типа ласточкина хвоста	ПВЛ
	Плоский с двусторонним конусом 40°	2П		Диск	Д
	Плоский с односторонним конусом 30°	4П		Кольцо	1К
	Плоский с выточкой	ПВ		Чашка цилиндрическая	ЧЦ
	Плоский с конической выточкой	ПВК		Чашка коническая	ЧК
	Плоский с выточкой с двух сторон	ПВД		Тарелка	1Т, 2Т, 3Т

Рис. 54. Формы и условные обозначения шлифовальных кругов

§ 53. ИСПЫТАНИЯ ШЛИФОВАЛЬНЫХ КРУГОВ

Шлифовальные круги перед работой на станке подвергаются балансировке и испытанию на прочность. Балансировка (уравновешивание) кругов производится на специальном приспособлении.

Испытание на прочность проходят все шлифовальные круги перед установкой на станок в соответствии с требованиями ГОСТ 3881—53. Испытания проводят путем вращения круга на специальных станках при скорости в 1,5 раза большей, чем рабочая скорость.

Особо тщательно испытывают прочность скоростных кругов. Время их пробного вращения на испытательных станках приводится в табл. 10.

Таблица 10

Продолжительность испытания скоростных шлифовальных кругов

Наружный диаметр круга, *мм*	До 90	90—275	275—475	Свыше 475
Продолжительность испытания, мин.	3	5	7	10

§ 54. ШЛИФОВАЛЬНЫЕ ШКУРКИ

Абразивный инструмент выпускается также в виде шкурки и ленты.

Шлифовальная шкурка изготовляется на тканевой или бумажной основе. На одной стороне ткани или бумаги при помощи специальных клеящих веществ закреплены равномерным слоем абразивные зерна. Шкурки на бумажной основе называют бумажными, на тканевой — полотняными.

По виду абразивного материала, наносимого на основу, различают шкурки электрокорундовые, карбокорундовые, кремниевые, стеклянные.

На шкурках, предназначенных для обработки деталей всухую (без водяного охлаждения), приклеивание абразива производится мездровым клеем. На водостойкой шкурке, предназначенной для работы с водным охлаждением, абразив приклеивается специальными лаками и смолами. Такая шкурка выпускается листами размером 310×230 на бумажной основе с абразивными зернами из карбида кремния зеленого зернистостью 80; 100; 120; 150; 180; 230; 280; 320 и с микропорошками.

Абразивные ленты обычно изготовляют из склеенной в стык тканевой ленты с нанесенным на нее абразивным слоем. На полировальном станке лента надевается на 2 или 3 ролика, из которых один приводной. Изделие при обработке прижимается к движущейся ленте. Этот метод допускает также обработку деталей с фасонной поверхностью.

Глава VII

ПРОЦЕСС РЕЗАНИЯ ПРИ ШЛИФОВАНИИ

§ 55. ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА ШЛИФОВАНИЯ

Шлифование представляет собой процесс сверхскоростного резания, осуществляемого всей массой абразивных зерен, расположенных по периферии или торцовой поверхности шлифовального круга.

Результатом резания отдельного абразивного зерна шлифовального круга, удаляющего маленькую стружку, является царапина на обрабатываемой поверхности. Поэтому процесс резания при шлифовании проходит как процесс царапания абразивными зернами. Свойственная процессу шлифования высокая чистота обрабатываемой поверхности является результатом наличия на поверхности инструмента огромного числа царапающих зерен, благодаря чему царапины не только плотно размещены, но и многократно перекрываются.

Режущая кромка любого металлического режущего инструмента создается в результате специальной обработки, определяющей его геометрическую форму и режущие качества. У абразивного инструмента режущие зерна имеют случайную геометрическую форму, а также случайное расположение, создающее, как правило, отрицательные углы резания. Это вызывает интенсивное скольжение абразивных зерен по металлу в момент, предшествующий врезанию и отделению стружки.

Скольжение при большой окружной скорости, с которой абразивное зерно врезается в обрабатываемую поверхность, является причиной высокой мгновенной температуры, возникающей в момент снятия стружки. Благодаря малым размерам снимаемой стружки и высокой температуре в зоне резания стружка часто успевает нагреться до температуры плавления и уносится в виде застывшей капельки металла.

Шлифованием можно обрабатывать высокотвердые материалы, как, например, стальные закаленные детали, твердые сплавы,

твердые чугуны и др. Эта особенность процесса шлифования объясняется весьма высокой твердостью и термоустойчивостью абразивных зерен шлифовальных кругов. Высокая температура непосредственно в зоне действия абразивного зерна благоприятно влияет на повышение пластичности обрабатываемого материала в зоне резания и облегчает отделение стружки.

§ 56. РЕЖИМЫ ШЛИФОВАНИЯ

Режим шлифования при наружном круглом шлифовании включает:

1) окружную скорость шлифовального круга;

2) окружную скорость шлифуемой детали или круговую подачу;

3) продольную подачу;

4) поперечную подачу, или глубину шлифования.

Окружная скорость шлифовального круга. *Окружной скоростью шлифовального круга* называется путь, который проходит любая точка на наружной поверхности шлифовального круга в единицу времени. Измерение окружной скорости выражается в *м/сек*. В практике круглого наружного шлифования применяют окружные скорости от 20 до 60 *м/сек*.

Шлифовальный круг приводится во вращение от электродвигателя шлифовальной бабки, обычно через ременную передачу. Соотношение диаметров шкивов на валу электродвигателя и на шпинделе шлифовального круга определяет число оборотов шпинделя, при котором шлифовальный круг будет иметь нужную окружную скорость.

Если известен диаметр шлифовального круга и по заданной окружной скорости его требуется определить число оборотов шпинделя шлифовального круга в минуту, то пользуются формулой:

$$n_{кр} = \frac{v_{кр} \cdot 1000 \cdot 60}{\pi \cdot D} \ об/мин,$$

где $v_{кр}$ — скорость круга, *м/сек*;

$n_{кр}$ — число оборотов круга в минуту;

D — диаметр круга, *мм*;

π — отношение длины окружности к диаметру ($\pi=3{,}14$).

Если, наоборот, известно число оборотов шлифовального круга и его диаметр, то окружная скорость

$$v_{кр} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{кр}}{60 \cdot 1000} \ м/сек.$$

Пример. Определить окружную скорость шлифовального круга диаметром $D=500$ *мм*, если известно, что его число оборотов $n=1200$ *об/мин*.

Решение. $v_{кр} = \frac{\pi D \cdot n_{кр}}{60 \cdot 1000} м/сек = \frac{3{,}14 \cdot 500 \cdot 1200}{60 \cdot 1000} = 31{,}4$ *м/сек*.

Величина окружной скорости шлифовального круга выбирается возможно большей, так как с увеличением окружной скорости повышается производительность шлифования, улучшается чистота шлифуемой поверхности. Ограничением при выборе окружной скорости круга является его прочность и жесткость станка; при недостаточной жесткости станка высокие окружные скорости вызывают вредные вибрации.

Таблица 11

Предельные окружные скорости шлифовальных кругов (ГОСТ 2424-60)

Форма круга	Вид связки	Скорость, *м/сек*
ПП	Керамическая	35
ПП	Бакелитовая	40
ПП	Вулканитовая	35
ПП	Силикатная	20
ПВ	Керамическая	35
ПВК	Бакелитовая	35

Примечание. По ГОСТ 4785-53 для скоростных кругов ПП на керамической и бакелитовой связках допускается окружная скорость в 50 *м/сек*.

Выбор величины окружной скорости зависит также от способа осуществления подачи; при ручной подаче скорость круга должна быть меньшей, чем при автоматической. В табл. 11 приведены предельные окружные скорости для различных кругов.

Окружная скорость шлифуемой детали. *Окружной скоростью шлифуемой детали* называется путь, пройденный любой точкой на шлифуемой поверхности в минуту. Она равняется:

$$v_д = \frac{\pi \cdot D \cdot n_д}{1000}\ м/мин,$$

где D — диаметр шлифуемой детали, *мм*;

$n_д$ — число оборотов шлифуемой детали в минуту.

Так как число оборотов детали и ее окружная скорость определяются в минуту, то в отличие от предыдущей формулы в знаменателе множитель 60 отсутствует.

Пример. Определить окружную скорость детали, если известно, что ее диаметр $D=40$ *мм*, а ее число оборотов $n_д=60$ *об/мин*.

Решение. $v_д = \frac{\pi \cdot D \cdot n_д}{1000} = \frac{3{,}14 \cdot 40 \cdot 60}{1000} = 7{,}5$ *м/мин*.

Окружную скорость детали называют также *круговой подачей*.

Выбор величины круговой подачи зависит от конкретных условий шлифования. При обдирочных работах круговая подача выбирается большей, чем при чистовом шлифовании.

Продольная подача. *Продольная подача* представляет собой путь, пройденный обрабатываемой деталью в поступательном движении относительно шлифовального круга за время одного оборота детали. Величина продольной подачи часто измеряется в долях высоты круга.

Практикой установлено, что выгодно работать с наибольшими продольными подачами. Однако максимальная величина про-

дольной подачи не может превышать 0,9 высоты круга, так как при большей подаче на поверхности шлифуемой детали останется винтовая непрошлифованная полоска.

Обычно величину продольной подачи берут 0,7÷0,85 *H* (высоты круга) при обдирочных работах и 0,2÷0,4 *H* при чистовом шлифовании. При шлифовании деталей диаметром меньше 20 *мм* величину продольной подачи уменьшают.

Поперечная подача. *Поперечной подачей*, или *глубиной шлифования,* называется толщина срезаемого слоя металла за каждый проход круга. Толщина слоя определяется величиной перемещения шлифовального круга по направлению к шлифуемой детали. Однако надо отметить, что вследствие упругих деформаций в механизме подач и шлифуемой детали толщина срезаемого слоя может быть несколько меньше величины поперечного перемещения шлифовального круга или обрабатываемой детали. Поэтому после прекращения поперечной подачи надо произвести «выхаживание», т. е. дать несколько проходов без подачи, пока не прекратится искрение.

Однако опытные шлифовщики иногда отводят шлифовальный круг от детали, не дожидаясь полного прекращения искрения, компенсируя деформации механизма подач дополнительной поперечной подачей в 0,01—0,02 *мм*, чем достигают определенного повышения производительности труда.

При наружном круглом шлифовании величину поперечной подачи для чернового шлифования принимают от 0,01 до 0,06 *мм* на двойной ход стола, а для чистового — от 0,0025 до 0,01 *мм*. Для тех станков, где поперечная подача кинематически не связана с ходом стола, она задается в *мм/мин*.

§ 57. ПРОЦЕСС РЕЗАНИЯ ШЛИФОВАЛЬНЫМ КРУГОМ

Образование стружки. На рис. 55 в увеличенном виде приведена схема срезания стружки произвольным абразивным зерном. На вершине режущего зерна имеется небольшое закругление. Так, например, абразивные зерна круга из искусственного корунда зернистости 80 имеют на вершинах округление радиусом до 0,014 *мм*. У круга зернистости 40 режущие кромки имеют округление радиусом до 0,012 *мм*.

В процессе шлифования режущие кромки абразивных зерен притупляются. В этом отношении режущая кромка абразивного зерна подобна кромке металлического режущего инструмента.

На рис. 55, *а* показан момент вступления абразивного зерна в контакт с обрабатываемой поверхностью. В этот момент резания не происходит и режущая кромка зерна скользит по обрабатываемой поверхности, в результате чего металл под кромкой

абразивного зерна сминается (происходит упруго-пластическое деформирование металла).

На рис. 55, *б* процесс резания еще не начинается, деформированный металл приближается к передней грани режущего зерна.

На рис. 55, *в* дан момент, когда в результате деформации металла и движения режущей кромки абразивного зерна его передняя грань сталкивается с образовавшимся выступом металла, сдвигает его и скалывает стружку.

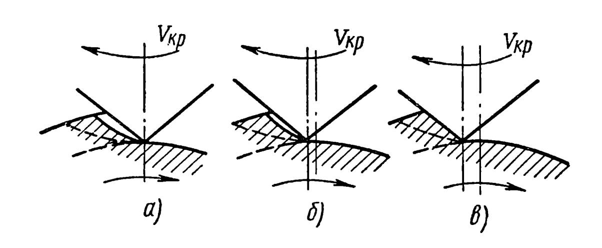


Рис. 55. Схема срезания стружки абразивным зерном

Таким образом, процесс снятия абразивным зерном отдельной стружки складывается из скольжения абразивного зерна по обрабатываемой поверхности, во время которого выделяется большое количество тепла, и сдвига частицы металла с образованием стружки.

Форма стружки, образующейся при шлифовании, имеет сходство со стружкой, полученной при фрезеровании, только во много раз меньших размеров. Однако ввиду особенностей процесса шлифования часто возникают такие условия стружкообразования, которые приводят к снятию стружки, отличающейся по форме от стружки, характерной для фрезерования.

Абразивный круг не имеет по образующей непрерывной режущей кромки, подобно фрезе. Вследствие этого очень часто абразивное зерно, прежде чем входит в контакт со слоем металла, подлежащим срезанию, встречается с выступами, оставленными предыдущими рядами зерен. В таких случаях получится стружка, отличающаяся по форме от обычной.

Еще большее влияние на форму получаемой при шлифовании стружки оказывает тепловой фактор. Скольжение абразивного зерна по обрабатываемой поверхности, предшествующее снятию стружки, как уже указывалось, происходит при интенсивном трении и является причиной выделения значительного количества тепла, которого иногда достаточно, чтобы расплавить снятую стружку. В этом случае она имеет вид застывшей капли металла и совсем не похожа на обычную стружку.

Анализ отходов шлифования показывает, что таких оплавленных стружек много, особенно при работе притупленными кругами.

Стружка, снимаемая при шлифовании, располагается в порах шлифовального круга и при выходе из зоны шлифования она под действием струи охлаждающей жидкости удаляется с поверхности круга. При сравнительно больших сечениях снимаемой стружки, превышающих размер пор между зернами круга, она вдавливается в поры круга с такой силой, что действия струи охлаждающей жидкости уже недостаточно, чтобы ее удалить. Такой режим шлифования ведет к засаливанию круга, к браку деталей.

Средняя толщина стружки, снимаемой одним зерном абразивного круга, имеет также большое влияние на стойкость и производительность шлифовального круга. Средняя толщина стружки зависит от длины дуги контакта шлифовального круга с шлифуемой деталью и от средней толщины слоя, снимаемого при шлифовании.

Длина дуги контакта между шлифовальным кругом и шлифуемой деталью при наружном круглом шлифовании показана на рис. 56, на котором изображена схема шлифования валика диаметром d шлифовальным кругом диаметром D при глубине шлифования t. Дугой контакта будет дуга AmC. Уравнение для точного подсчета длины дуги контакта при наружном круглом шлифовании сложное. Однако если условно принять, что шлифуемая деталь неподвижна, т. е. что окружная скорость шлифуемого валика $v_д = 0$ и продольная подача $s = 0$, то упрощенное уравнение примет следующий вид:

$$L_{нар} = \sqrt{\frac{D \cdot d \cdot t}{D + d}}$$

где значение $L_{нар}$ и будет длиной дуги контакта шлифовального круга с шлифуемой деталью.

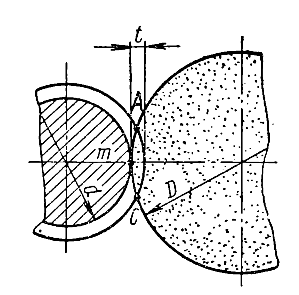


Рис. 56. Длина дуги контакта

Длина дуги контакта имеет большое влияние на процесс шлифования. С увеличением дуги контакта увеличивается число зерен, участвующих одновременно в процессе резания, и, следовательно, увеличивается количество выделяемого тепла. Вместе с тем условия отвода тепла охлаждающей жидкостью ухудшаются, значит, с увеличением длины дуги контакта требуется увеличить количество охлаждающей жидкости, поступающей в зону шлифования. Увеличение дуги контакта затрудняет также удаление стружки и пыли, образующейся от разрушения абра-

зивных зерен и материала связки, что ускоряет засаливание круга.

Особенностью процесса резания при шлифовании является очень малая величина средней толщины среза.

Средняя толщина слоя, снимаемого всеми абразивными зернами, находящимися в пределах дуги контакта, тем больше, чем больше объем металла, срезаемого за один оборот детали, и уменьшается с увеличением окружной скорости шлифовального круга.

На рис. 57 показана схема шлифования валика с поперечной подачей t и продольной подачей s на один оборот детали. За один оборот валика с его поверхности срезается слой металла, сечение которого на рисунке заштриховано.

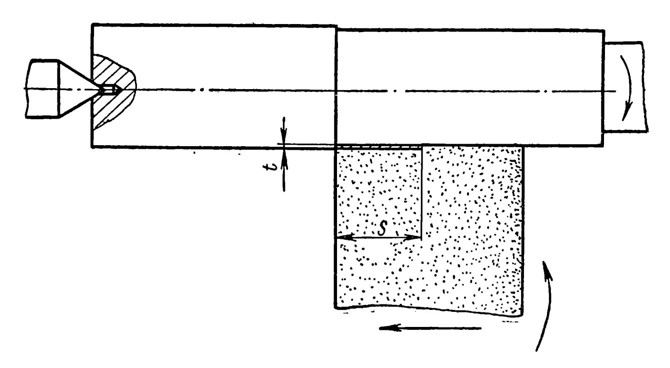


Рис. 57. Схема шлифования валика

Если пренебречь скоростью шлифуемой детали, которая приблизительно равна 1% скорости круга, то среднюю толщину срезаемого слоя можно определить по формуле

$$a_{ср} = \frac{v_д \cdot t}{60 \cdot v_{кр}}$$

Средняя толщина стружки. Для того чтобы определить среднюю толщину стружки, снимаемую одним зерном, надо среднюю толщину слоя металла, снимаемого всеми абразивными зернами, находящимися в зоне дуги контакта, разделить на количество абразивных зерен, находящихся в этой зоне.

Для определения количества зерен достаточно разделить длину дуги контакта на расстояние между двумя соседними абразивными зернами шлифовального круга. Для каждого круга расстояние между зернами зависит от зернистости и структуры. Так, для круга зернистости 40 и структуры 5 расстояние между зернами равно 0,369 *мм*.

При этих условиях средняя толщина стружки, снимаемой одним зерном,

$$a_{z.\,ср} = \frac{a_{ср}}{z} = \frac{a_{ср}}{\frac{L}{l}} = \frac{a_{ср} \cdot l}{L} = \frac{v_{д} \cdot t \cdot l}{60 \cdot v_{кр} \cdot L} \text{ мм},$$

где z — число зерен в зоне дуги контакта;
l — расстояние между зернами;
L — длина дуги контакта.

§ 58. СИЛЫ, ДЕЙСТВУЮЩИЕ В ПРОЦЕССЕ ШЛИФОВАНИЯ

При шлифовании в зоне контакта шлифовального круга и детали действуют три силы.

Сила резания, или тангенциальная сила, P_z (рис. 58) направлена по касательной к окружности круга и определяет усилие, с которым шлифуемая деталь действует на круг, стараясь затормозить его вращение.

По величине этой силы определяется мощность электродвигателей привода шлифовального круга и привода детали.

Радиальная сила P_y — это сила, с которой обрабатываемая деталь прижимается к шлифовальному кругу; направлена она к оси шлифовального круга. В результате действия радиальной силы создается давление зерен на поверхность обрабатываемой детали, необходимое для осуществления резания металла.

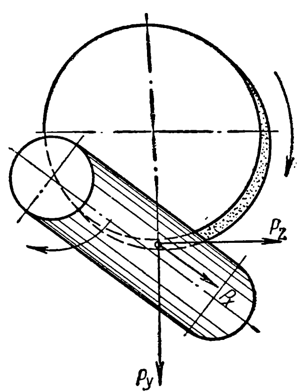


Рис. 58. Силы, действующие в процессе шлифования

Радиальная сила не оказывает влияния на мощность электродвигателей. Ее учитывают при назначении размеров деталей механизма поперечной подачи.

Радиальная сила является причиной прогибания длинных и тонких деталей при шлифовании; по величине она всегда больше силы резания. При шлифовании острым кругом $P_y = 1 \div 2 P_z$; по мере притупления круга радиальная сила возрастает и становится равной $2 \div 3\ P_z$

Сила подачи P_x направлена параллельно продольной подаче. По величине этой силы рассчитывают мощность привода продольной подачи.

Сила подачи значительно меньше силы резания; при шлифовании острым кругом она составляет $0{,}1 \div 0{,}2\ P_z$ По мере притупления круга сила подачи уменьшается. Таким образом, с по-

мощью силы резания P_z можно приближенно определить радиальную силу P_y и силу подачи P_x.

Для определения силы резания можно пользоваться ее условной величиной, приходящейся на 1 *мм*² сечения срезаемого слоя. Эта величина зависит от свойств обрабатываемого металла и от глубины шлифования.

Для определения силы резания имеются также универсальные формулы. Проф. Е. Н. Маслов установил, что при наружном круглом шлифовании кругом Э40СМ1К5 высотой 40 *мм* сила резания

$$P_z = C_р \cdot v_д^{0,7} \cdot s^{0,7} \cdot t^{0,6},$$

где коэффициент $C_р$, зависящий от свойств материала шлифуемой детали, равен:

2,2 — при шлифовании закаленной стали;
2,1 — при шлифовании незакаленной стали;
2,0 — при шлифовании чугуна.

Пример. Определим значение силы P_z при шлифовании закаленного валика, если $t = 0,06$ *мм*, $s = 12$ *мм/об* и $v_д = 7,5$ *м/мин.*

Решение. $P_z = C_р \cdot v_д^{0,7} \cdot s^{0,7} \cdot t^{0,6} = 2,2 \cdot 7,5^{0,7} \cdot 12^{0,7} \cdot 0,06^{0,6} = 9,4$ *кг.*

§ 59. РАСЧЕТ ПОТРЕБЛЯЕМОЙ МОЩНОСТИ ПРИ ШЛИФОВАНИИ

Мощность, потребляемая электродвигателем бабки шлифовального круга и передней бабки шлифовального станка, рассчитывается по фактической величине силы резания.

Мощность, потребляемая электродвигателем шлифовальной бабки,

$$N_{шл.б} = \frac{1}{102} \cdot P_z \cdot v_{кр},$$

где $\frac{1}{102}$ — коэффициент для перевода *кГм/сек* в *квт.*

Мощность, потребляемая электродвигателем передней бабки,

$$N_{п.б} = \frac{1}{102} \cdot P_z \cdot \frac{v_д}{60}.$$

Определим мощность, потребляемую электродвигателями шлифовального станка, по данным предыдущего примера, если $v_{кр} = 25$ *м/сек* и $v_д = 7,5$ *м/мин:*

$$N_{шл.б} = \frac{1}{102} \cdot P_z \cdot v_{кр} = \frac{1}{102} \cdot 9,4 \cdot 25 = 2,3 \text{ квт},$$

$$N_{п.б} = \frac{1}{102} \cdot P_z \cdot \frac{v_д}{60} = \frac{1}{102} \cdot 9,4 \cdot \frac{7,5}{60} = 0,012 \text{ квт}.$$

§ 60. СТОЙКОСТЬ ШЛИФОВАЛЬНОГО КРУГА

При нормально работающем круге шлифуемая поверхность получается чистой, процесс шлифования протекает спокойно, без вибраций.

Но по мере притупления круга появляются сначала малозаметные грани на шлифуемой поверхности и небольшие прижоги, которые при продолжении работы постепенно увеличиваются. Круг перестает резать металл и только скользит по поверхности детали, усиленно нагревая ее.

Причиной потери кругом режущей способности является притупление режущих зерен, лежащих на поверхности круга, и заполнение пор между ними стружкой и пылью.

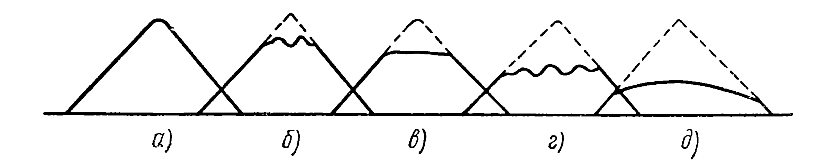


Рис. 59. Схема притупления абразивного зерна

На рис. 59 дана схема постепенного притупления режущего зерна круга из электрокорунда зернистости 40. На рис. 59, *а* показано режущее зерно после небольшого периода работы. Вершина зерна округлилась и сила, требуемая для отделения стружки этим зерном, начинает возрастать. Зерно еще крепко держится в связке, но прочность самого зерна недостаточна и оно раскалывается.

На рис. 59, *б* у зерна появились две новые вершины и его режущая способность восстановлена. Сила резания уменьшается и принимает нормальную величину.

Это свойство абразивных зерен восстанавливать свою режущую способность называется *самозатачиванием*.

Через некоторое время самозаточившееся зерно вновь притупляется и постепенно принимает вид, показанный на рис. 59, *в*; одновременно возрастает сила резания. Зерно разрушается вторично и начинает нормально резать вновь образовавшимися вершинами.

На рис. 59, *г* показано зерно после второго разрушения, а на рис. 59, *д* — после третьего притупления. На этот раз высота, на которую зерно выступает из связки, настолько незначительна, что дальнейшему дроблению оно не поддается, но в то же время связка его продолжает удерживать. В результате зерно перестает резать и с большой силой трется об обрабатываемую поверхность, вызывая прижоги и шлифовочные трещины.

Зерна, которые сохранили некоторую способность резать, продолжают шлифовать, но обработанная поверхность получается не гладкая, как обычно, а граненая. Нормальная работа круга может быть восстановлена только тогда, когда тем или иным способом с поверхности круга будет удален притупившийся слой.

Практически не все зерна самозатачиваются. Некоторые зерна могут самозатачиваться более двух раз. Иногда при шлифовании мягким кругом зернистости 50—40 (ГОСТ 3647—59) с большой продольной и поперечной подачами самозатачивание происходит непрерывно, и после одного или нескольких разрушений абразивное зерно выпадает из связки, открывая острое зерно.

Шлифование с непрерывным самозатачиванием применяется на обдирочных работах или при обработке твердых сплавов. При этом виде шлифования происходит большой расход абразивного инструмента и ухудшается чистота обработки поверхности.

Обычно на практике применяют шлифование с частичным самозатачиванием, при этом расход абразива от выпадения зерен значительно меньше, чем при правке круга. В зависимости от марки круга, а также от характера работы отношение износа круга в результате выпадения зерен к износу при правке равно от 1 : 4 до 1 : 6.

Так, например, при шлифовании кругом $Э40СТ_1К5$ расход абразива между правками, вызванный выпадением притупившихся зерен (самозатачиванием), при чистовом шлифовании равен 0,015 *мм* на радиус круга, а при каждой правке круга срезается слой толщиной в 0,09 *мм,* следовательно, отношение будет равно $0{,}015 : 0{,}09 = 1 : 6$.

Продолжительность работы круга между двумя правками называется *стойкостью круга.* Высокая стойкость круга, помимо экономии расхода абразивного инструмента, выгодна еще тем, что экономится рабочее время, которое затрачивается на процесс правки, а также на наладку работы станка после правки.

Величина стойкости шлифовального круга колеблется в широких пределах. Для кругов малого диаметра она незначительна. При наружном круглом шлифовании, при котором используются шлифовальные круги больших диаметров, стойкость в некоторых случаях измеряется десятками минут и более.

Стойкость круга зависит не только от размера круга, но и от других факторов, характеризующих круг, а также от режима шлифования, от материала и размера шлифуемых деталей. Так, стойкость круга уменьшается при уменьшении диаметра шлифуемой детали, при шлифовании закаленной стали.

На величину стойкости больше влияет окружная скорость изделия и продольная подача, меньше — глубина шлифования. При любом увеличении этих параметров уменьшается стойкость

круга. Однако если принять за меру стойкости не только время между правками, но и количество годных деталей, изготовляемых на станке между двумя правками круга, то целесообразность применения скоростного шлифования является несомненной.

§ 61. НАГРЕВ ДЕТАЛЕЙ ПРИ ШЛИФОВАНИИ

Количество выделяемого тепла на один килограмм срезанного металла при шлифовании во много раз превышает тепло, выделяемое при снятии такого же количества металла фрезерованием.

Связано это с наличием отрицательных углов резания у абсолютного большинства абразивных зерен, что приводит к увеличению сил трения и, следовательно, к тепловыделению. Резание с большим числом мелких стружек, сопровождающееся приложением ударной нагрузки, является причиной увеличения внутренних деформаций в поверхностных слоях изделия, также ведущих к его нагреву.

Температура срезания стружки. Выделение тепла при шлифовании происходит в пределах дуги контакта шлифовального круга с изделием, в зоне самой высокой температуры. В момент срезания стружки температура достигает высшей точки и называется *мгновенной температурой.* При шлифовании деталей из закаленной стали мгновенная температура часто достигает точки плавления стали.

Абразивный материал отличается низкой теплопроводностью, поэтому тепло частично уносится стружкой, а главным образом отводится в тело шлифуемой детали.

В процессе накапливания тепла температура детали повышается. Если шлифование производить без охлаждения, то приток тепла детали будет превышать его естественный отвод и температура детали может резко возрасти. Поэтому наружное круглое шлифование, как правило, производят с охлаждением.

При шлифовании с охлаждением температура детали будет повышаться до тех пор, пока количество поступающего в деталь тепла не будет равно количеству тепла, отводимого охлаждающей жидкостью. Температура, при которой установится такое равновесие, называется *установившейся температурой.*

При шлифовании точных деталей установившаяся температура должна мало отличаться от температуры окружающей среды, так как применяемый измерительный инструмент проверяется по эталону, имеющему температуру окружающей среды.

Шлифовочные прижоги. При чрезмерном выделении тепла в зоне шлифования, когда охлаждающая жидкость не успевает достаточно быстро его отвести, температура поверхностного слоя детали достигает величины, при которой в стали начинаются

структурные изменения, которые часто сопровождаются появлением на поверхности детали цветов побежалости. Такое состояние поверхностного слоя детали называется *прижогом.*

Прижоги не должны допускаться, так как они снижают механические свойства поверхностного слоя детали. Прижог в зависимости от причины, его вызвавшей, может быть сплошным, когда значительная часть поверхности детали сплошь окрашена в цвета побежалости, и местным, когда перегретыми оказываются отдельные места на поверхности детали.

Появление сплошных прижогов на поверхности детали через промежуток времени после правки, значительно меньший нормальной стойкости круга, может быть вызвано тремя причинами:

1) принятый режим шлифования является завышенным, вследствие чего средняя толщина стружки, снимаемой одним зерном шлифовального круга, слишком велика; в результате этого возникает резкое увеличение давления абразивных зерен на обрабатываемую поверхность и ее усиленный нагрев;

2) выбранный шлифовальный круг слишком тверд и не соответствует условиям работы, что также вызывает чрезмерное давление шлифующих зерен на поверхность детали;

3) недостаточно интенсивное охлаждение.

Местные прижоги на поверхности детали могут быть вызваны наличием вибрации станка (в результате плохой балансировки круга), центрового биения круга (из-за неточной центровки и закрепления круга на фланцах), а также в результате неточной установки деталей в центрах и неисправности подшипников шпинделя передней бабки.

Шлифовочные трещины. Иногда в процессе шлифования на поверхности детали появляются мелкие трещины, расположенные сеткой.

Причиной возникновения шлифовочных трещин является повышенная мгновенная температура. Находясь в контакте с кругом, поверхность детали чрезмерно нагревается и при выходе из зоны шлифования деталь попадает под струю охлаждающей жидкости, в результате чего происходит резкое изменение объема металла на поверхности, приводящее к мелким трещинам.

Таким образом, причины, вызывающие шлифовочные трещины, аналогичны причинам прижогов, поэтому на практике шлифовочные трещины почти всегда сопровождаются появлением прижогов.

Глубина проникновения структурных изменений в тело детали при прижогах, а также глубина шлифовочных трещин сравнительно незначительна. При внимательном наблюдении за процессом шлифования можно вовремя произвести нужную замену или правку круга и при последующем проходе прошлифовать заново поврежденный слой.

§ 62. ОХЛАЖДЕНИЕ И ОХЛАЖДАЮЩИЕ ЖИДКОСТИ

Для поддержания температуры шлифуемой детали в пределах, близких к температуре окружающей среды, обычно при круглом шлифовании применяют охлаждение жидкостью. Струя охлаждающей жидкости непрерывно направляется в зону шлифования и омывает поверхность детали.

Чтобы предупредить разбрызгивание жидкости, применяют специальные заслонки (рис. 60), смонтированные на конце трубки, подводящей охлаждающую жидкость. Заслонку устанавливают и закрепляют так, чтобы струя была направлена непосредственно в зону шлифования. Ширину заслонки и подводящей трубки выбирают так, чтобы струя жидкости покрывала всю ширину шлифовального круга.

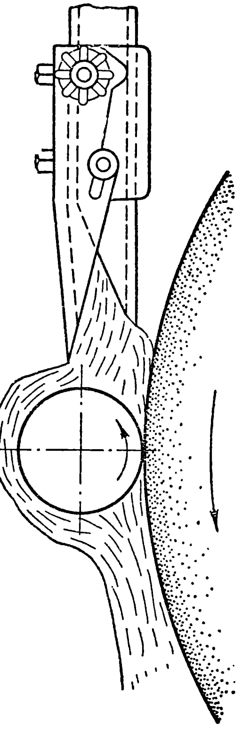


Рис. 60. Устройство для подвода охлаждающей жидкости

Назначение охлаждающей жидкости состоит не только в том, чтобы быстро отводить тепло из поверхностного слоя детали, но и смывать отходы шлифования (стружку, обломки абразивных зерен, пыль от разрушенной связки круга). Охлаждающее действие жидкостей способствует сохранению прочности зерен круга, уменьшает тепловые деформации, улучшает качество и точность обработки деталей.

Охлаждающая жидкость должна также обладать смазывающими свойствами, чтобы уменьшить трение абразивных зерен и связки круга о шлифуемую поверхность. Это позволяет уменьшить величину усилия резания и увеличить его скорость. Однако введение в состав охлаждающей жидкости излишнего количества смазывающего вещества может привести к преждевременному засаливанию поверхности круга.

Охлаждающая жидкость улучшает также условия труда, так как уносит много пыли, образующейся при шлифовании.

Охлаждающе-смазывающие жидкости должны предохранять шлифуемые детали и механизмы станка от коррозии, иметь достаточную стойкость, чтобы длительное время сохранять свои начальные свойства, не давать вредных для здоровья рабочего выделений и неприятного запаха.

В качестве охлаждающей жидкости чаще всего применяют воду с добавкой антикоррозийных веществ (кальцинированной соды, буры, мыла и др.) или эмульсии малой концентрации.

При шлифовании сталей применяется 2—3%-ный водный раствор технической соды с добавкой 0,5—0,8% кальцинированной соды. Для кругов на бакелитовой связке концентрацию содового раствора понижают до 0,5—1,0%.

Чугун обычно шлифуют без охлаждения или с охлаждением водным раствором соды. При шлифовании алюминиевых сплавов применяют специальные эмульсии, для бронзы и латуни — эмульсии и минеральные масла.

Обычный состав эмульсии: эмульсол или паста 1,2%, сода кальцинированная 0,5—0,8%, остальное — вода. Эмульсии такого состава имеют молочно-белый цвет.

Поступление охлаждающей жидкости в зону шлифования должно быть непрерывным и обильным. Для станков средних размеров рекомендуется подавать 15—20 *л* охлаждающей жидкости в минуту. Для обеспечения хорошей чистоты шлифуемой поверхности охлаждающая жидкость должна быть свободной от всяких загрязнений (пыли, обломков абразивных зерен и др.), поэтому рекомендуется систему охлаждения периодически очищать.

В цехах, где сконцентрировано большое количество станков, работающих с охлаждающей жидкостью одинакового состава, используются централизованные системы охлаждения. Такая система состоит из мощного насоса, резервуара соответствующей емкости, подающего трубопровода с ответвлениями к станкам и отводящей системы.

Глава VIII
ТИПОВЫЕ УЗЛЫ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ

§ 63. КЛАССИФИКАЦИЯ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ

По характеру выполняемой работы металлорежущие станки распределяются на группы. В Советском Союзе принята классификация станков, по которой таких групп насчитывается девять и за каждой группой закреплен свой номер. Токарные станки занесены в первую группу. В нее входят станки, на которых производится обработка деталей резцами по внутренним и наружным диаметрам, а также по торцу. Во время работы деталь вращается, а резец движется поступательно вдоль оси детали или под углом к ней.

Ко второй группе относятся сверлильные и расточные станки, работа на которых производится сверлами, зенкерами, развертками, а на расточных станках также резцами.

На станках фрезерной группы деталь, установленная и закрепленная на столе станка, обрабатывается вращающимися фрезами.

Обширная группа шлифовальных станков отличается тем, что на них резание металла производится абразивными инструментами.

Внутри каждой группы станки в свою очередь распределяются на девять подгрупп, где за каждым номером закреплены определенные виды станков. Распределение шлифовальных станков на подгруппы приводится в табл. 12.

Пользуясь таким распределением станков на группы и подгруппы, принято обозначать станки шифровым номером, в котором первая цифра определяет номер группы, а вторая цифра — номер подгруппы.

Буквы, а также третья и четвертая цифры вносятся в обозначение станка по усмотрению завода изготовителя. Так шифр 6120 означает вертикально-фрезерный консольный станок с 20 скоростями. Шифр 136 означает токарно-револьверный станок; цифра 6 указывает на размер отверстия шпинделя — 63 *мм.*

Таблица 12

Классификация металлорежущих станков

(группа шлифовальных станков)

Станки	№ группы	№ подгруппы 1	2	3	4	5	6		8	9
Шлифовальные и полировальны	3	Круглошлифовальные	Внутришлифовальные	Обдирочно-шлифовальные	Специализированные шлифовальные	—	Заточные	Плоскошлифовальные с прямоугольным или круглым столом	Доводочные и полировальные	Разные станки, работающие абразивными инструментами

§ 64. КИНЕМАТИЧЕСКИЕ СХЕМЫ СТАНКОВ

Несмотря на многообразие конструкций металлорежущих станков, все они имеют одно общее назначение: отделение стружки или, другими словами, съем слоя металла или какого-либо другого материала с обрабатываемой поверхности.

Процесс резания на металлорежущих станках осуществляется в результате главного движения и движения подачи рабочих органов станка.

Главное движение, связанное со скоростью резания, потребляет основную часть мощности, затрачиваемой на работу станка. На токарных станках главным движением является вращение шпинделя станка совместно с обрабатываемой деталью, на фрезерных — вращение шпинделя с фрезой, на шлифовальных — вращение шпинделя с закрепленным на нем абразивным инструментом.

Движение подачи, направление и скорость которого определяет сечение стружки, может быть непрерывным, как, например, на токарных, фрезерных, сверлильных и других станках, или прерывистым, как на строгальных или долбежных станках.

На шлифовальных станках используется как прерывистое, так и непрерывное движение подачи.

Главное движение и движение подачи периодически прерываются для замеров деталей, для отвода и подвода инструмента. Движения механизмов станка, во время которых отделения стружки не происходит, называются *холостыми движениями*. Чем меньше доля холостых движений в общем времени работы станка, тем более эффективно работает станок.

Рабочие органы станка получают движение от приводного двигателя через промежуточный механизм (коробку скоростей, коробку подач и др.).

Установить связь, существующую между рабочими органами любого металлорежущего станка, можно, пользуясь его *кинематической схемой*. Кинематическая схема станка представляет собой схематическое изображение последовательной связи, установленной между основными узлами станка, данной условными обозначениями, принятыми для кинематических схем.

Разобраться в кинематической схеме, которая имеется в паспорте станка, необходимо каждому рабочему, обслуживающему этот станок (см. главу X).

§ 65. ШПИНДЕЛИ И ИХ ОПОРЫ

Шпиндель является одной из наиболее ответственных деталей станка, поэтому к точности его изготовления, к материалу, из которого он сделан, а также к его монтажу предъявляются очень высокие требования.

Размеры шпинделя рассчитывают так, чтобы в наиболее тяжелых условиях работы он был достаточно жесток и виброустойчив.

Шпиндели изготовляют из хромоникелевой или хромоникелевольфрамовой стали и подвергают термической обработке с тем, чтобы твердость на опорных шейках и местах крепления инструмента была в пределах HRC 55÷58.

Опорные шейки шпинделя тщательно обрабатываются до 10-го и выше класса чистоты и должны быть строго соосны наружным и внутренним посадочным местам для инструмента и зубчатых колес.

Рабочий конец шпинделя. Существует много конструкций рабочего (переднего) конца шпинделя в зависимости от закрепляемого на нем рабочего инструмента.

Рабочий конец шпинделя бабки изделия круглошлифовального станка, показанный на рис. 61, *а*, имеет нарезку и центрирующий буртик, строго соосные опорным шейкам шпинделя. Отверстие на переднем конце шпинделя заканчивается тщательно обработанным и сцентрированным внутренним конусом стандартного размера, служащим для установки центра и оправок.

На рис. 61, *б* показан рабочий конец шпинделя шлифоваль-

ной бабки круглошлифовального станка, а на рис. 61, *в* — внутришлифовального станка. Шпиндели шлифовальной бабки в отличие от шпинделей бабки изделия делают без осевого отверстия. Крепление абразивов обычно производится посредством промежуточных оправок или фланцев.

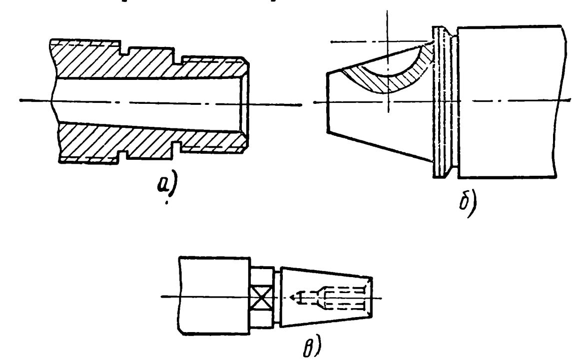


Рис. 61. Рабочие концы шпинделей шлифовальных станков:

а — с коническим отверстием, *б* и *в* — различные конструкции

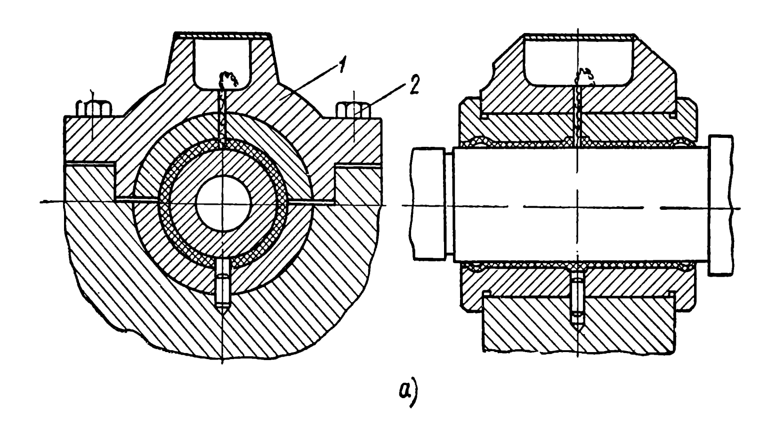
Подшипники скольжения. Состояние подшипников, служащих опорой для шпинделя, оказывает решающее влияние на работу станка.

Подшипники должны обеспечить точное радиальное и осевое положение шпинделя при малых зазорах. Увеличенный зазор приводит к ухудшению чистоты обработанной поверхности и потере точности геометрической формы детали. В то же время недостаточный зазор часто приводит к перегреву шпиндельного узла, а иногда и к заклиниванию шпинделя. Нормальный зазор в зависимости от габаритов и назначения станка колеблется в пределах 0,005—0,03 *мм*.

В процессе работы станка зазоры в опорах увеличиваются, поэтому обычно конструкция подшипников предусматривает возможность регулировки зазора. Нерегулируемые подшипники скольжения применяются только на тихоходных и слабо нагруженных шпинделях.

Регулировка подшипников скольжения может производиться в радиальном и в осевом направлении.

На рис. 62, *а* показан подшипник скольжения с радиальной регулировкой. Вкладыш этого подшипника состоит из двух половин. Поджим верхней половины вкладыша *1* производится подтягиванием винтов *2*. В некоторых конструкциях, например на круглошлифовальном станке 315, поджим вкладыша производится давлением масла. Основное преимущество подшипников с разъемным вкладышем состоит в удобстве сборки и разборки шпиндельного узла.



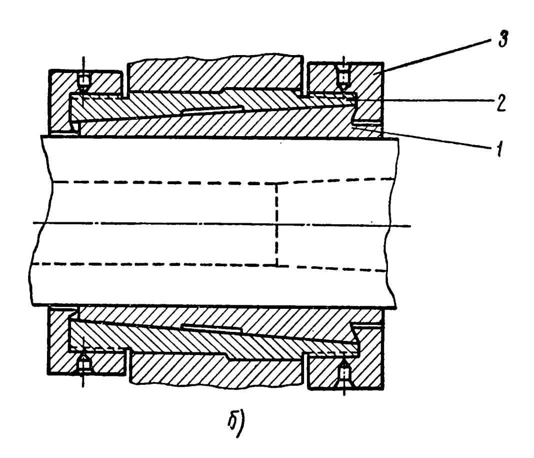


Рис. 62. Подшипники скольжения:
а — с радиальной регулировкой зазора, *б* — с осевой регулировкой зазора

На рис. 62, *б* показан подшипник с осевой регулировкой зазора. Вкладыш подшипника разрезной, а опорная шейка шпинделя цилиндрическая. Регулирование зазора производится перемещением разрезного вкладыша *1*, имеющего наружную коническую поверхность, точно соответствующую внутренней конической поверхности корпуса *2*. Перемещение и фиксирование положения вкладыша производится гайкой *3*.

Материал вкладыша подшипника выбирается в зависимости от назначения станка. При больших удельных нагрузках и относительно небольших скоростях применяют вкладыши из антифрикционного чугуна.

При больших окружных скоростях лучшим материалом для вкладышей является бронза. Применение биметаллических вкладышей, у которых слой бронзы небольшой, не только снижает стоимость подшипника, но и повышает его качество.

Подшипники качения. В настоящее время в шпиндельных опорах широко применяются подшипники качения. На рис. 63 приведены различные виды подшипников качения.

Шпиндели, смонтированные на подшипниках качения, не имеют зазора благодаря наличию предварительного натяга при по-

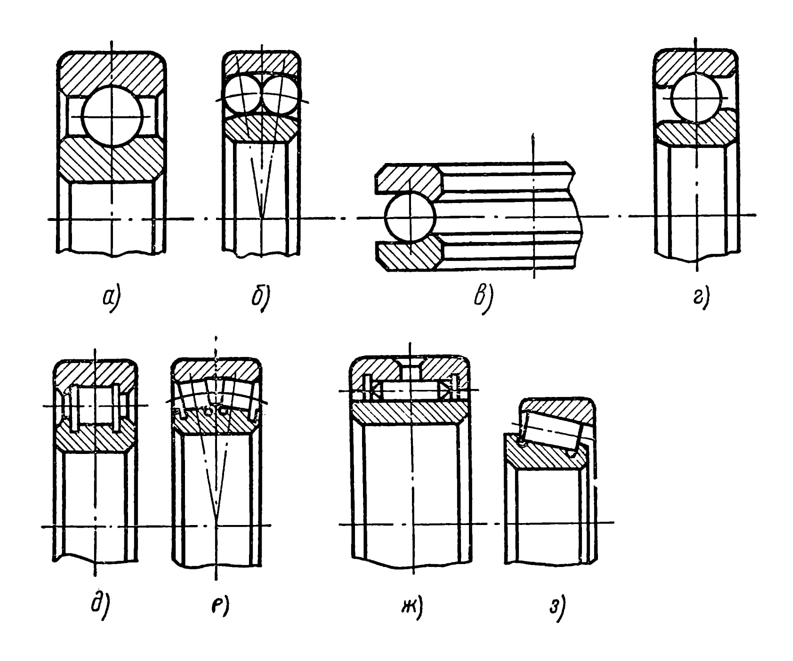


Рис. 63. Подшипники качения:

а — радиальный, *б* — сферический двухрядный, *в* — упорный, *г* — радиальный упорный, *д* — роликовый с цилиндрическими роликами, *е* — двухрядный сферический с бочкообразными роликами, *ж* — роликовый с игольчатыми роликами, *з* — роликовый с коническими роликами

садке. В радиально-упорных и роликовых конических подшипниках натяг создается при сборке шпиндельного узла.

В радиальных шарикоподшипниках натяг получают осевым смещением наружного кольца относительно внутреннего путем прокладки втулок разной высоты между кольцами пары монтируемых подшипников.

На рис. 64 показано создание предварительного натяга пружинами. Такой способ обеспечивает постоянство усилия предварительного натяга и компенсацию износа деталей подшипника.

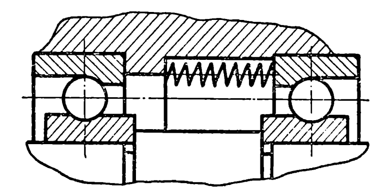


Рис. 64. Создание предварительного натяга в шарикоподшипниках качения

При монтаже упорных подшипников следует стремиться расположить их возможно ближе друг к другу у одной опоры, чтобы избежать слишком больших деформаций шпинделя вследствие температурных изменений.

§ 66. ВИДЫ ПЕРЕДАЧ

Детали передач. Передача вращения и различных видов движений в станках от одного механизма или узла к другому осуществляется с помощью валов, осей, муфт.

Валы служат для передачи вращающего момента отдельным узлам станка. Детали станка (зубчатые колеса, шкивы, муфты) устанавливаются на валах при помощи шпонок, шлицевых соединений и другими способами. Для монтажа передвижных блоков зубчатых колес и сцепных муфт используются четырех- и шестишлицевые валы (рис. 65).

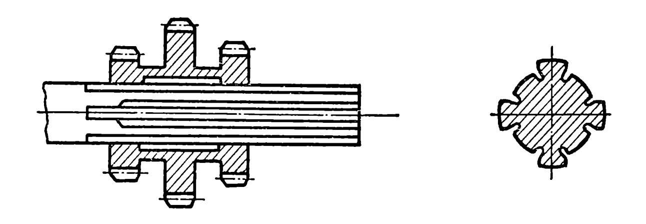


Рис. 65. Четырехшлицевый вал с блоком зубчатых колес

Валы, передающие значительные крутящие моменты, монтируются на подшипниках качения, тихоходные и малонагруженные валы — в бронзовых или чугунных втулках.

Для передачи вращения подвижному узлу, например суппорту токарного станка, используются ходовые валы. Их длина в крупных станках достигает десяти и более метров. Выбор марки стали для изготовления валов зависит от величины его максимальной нагрузки. Для средненагруженных валов применяют сталь 40. Диаметр вала рассчитывается по формуле

$$d = 10\sqrt[3]{\frac{N}{n}}$$

где N — передаваемая мощность, *л. с.*;

n — число оборотов вала в минуту.

Оси в отличие от валов крутящие моменты не воспринимают, а служат только для поддержания деталей. Примером осей являются пальцы, на которые надеваются промежуточные шестерни в механизмах реверсирования.

Муфты служат для соединения валов между собой, а также валов с монтированными на них деталями. Для валов, которые во время работы не разъединяются, применяются *постоянные муфты*. На рис. 66, *а* показана постоянная муфта, соединяющая два соосно установленных вала.

Если монтаж соединяемых валов ведется без соблюдения их строгой соосности, то в этом случае используют *упругие муфты*. В металлорежущих станках чаще всего соединение валов производят сцепными муфтами — *кулачковыми* (рис. 66, *б*) *и зубчатыми,* допускающими периодическое соединение и разъединение валов. В качестве сцепных муфт часто используются соответственно обработанные торцы соединяемых шестерен.

Недостатком зубчатых и кулачковых муфт является невозможность их включения на ходу. Поэтому в тех случаях, где это условие обязательно, применяют *фрикционные муфты* (рис. 66, *в*).

Для устранения последствий возможной перегрузки какого-либо механизма станка, на ведущем валу этого механизма ставят *предохранительную муфту*. На рис. 66, *г* показана муфта со шпилькой. Диаметр шпильки *1* рассчитывается так, чтобы при превышении в передаче предельно допустимого крутящего момента шпилька срезалась.

На рис. 66, *д* показана пружинно-шариковая предохранительная муфта, которая автоматически восстанавливает нарушенное соединение валов, когда передаваемый крутящий момент снижается до установленного предела.

В механизмах ускоренной подачи при холостом ходе различных станков применяют *муфты обгона* (рис. 66, *е*). Вал *1* муфты жестко связан с храповым колесом *2*. Диск *3* через собачку *4* и храповое колесо *2* вращает вал *1* с определенной скоростью.

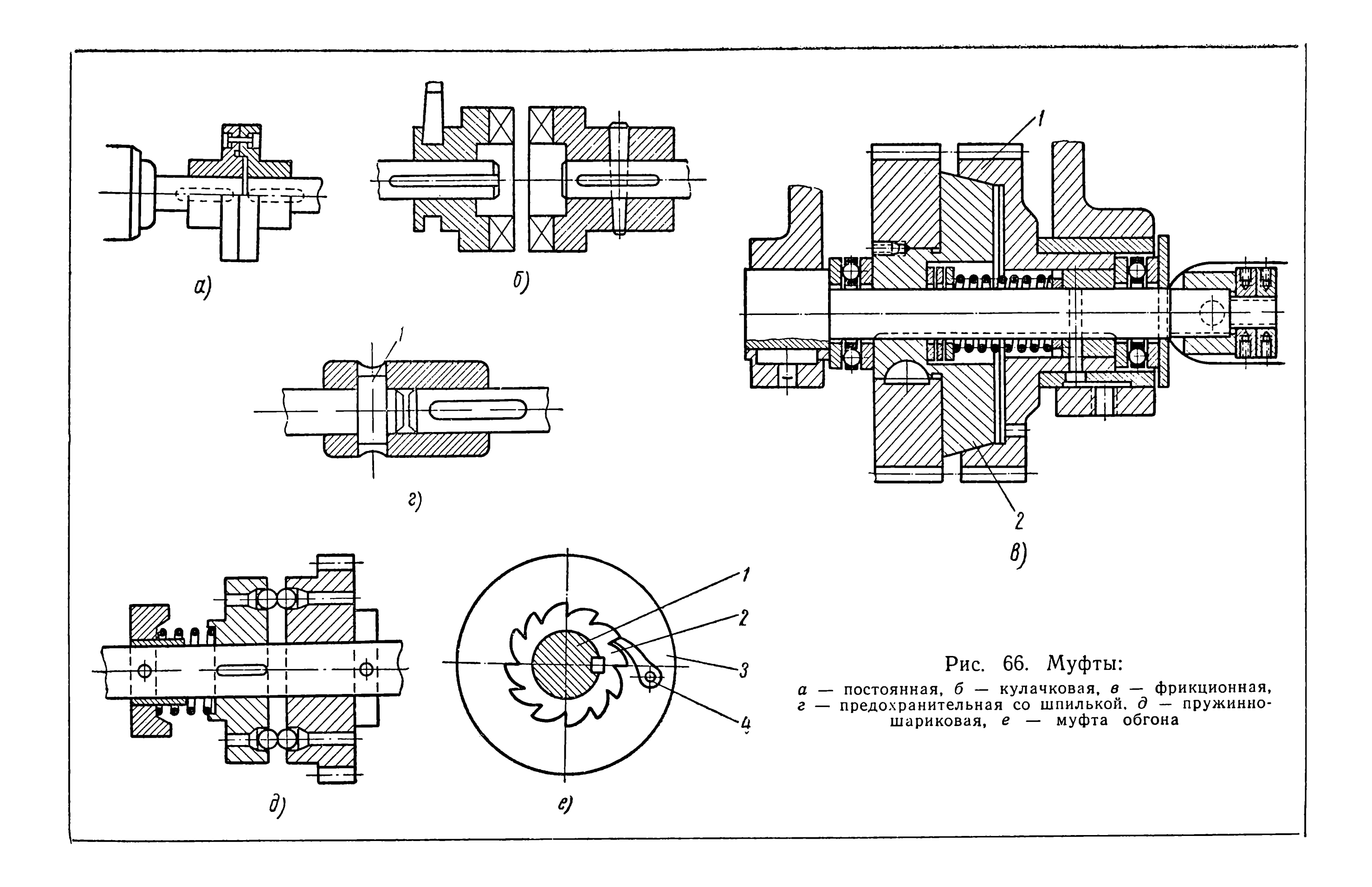


Рис. 66. Муфты:

а — постоянная, *б* — кулачковая, *в* — фрикционная, *г* — предохранительная со шпилькой, *д* — пружинно-шариковая, *е* — муфта обгона

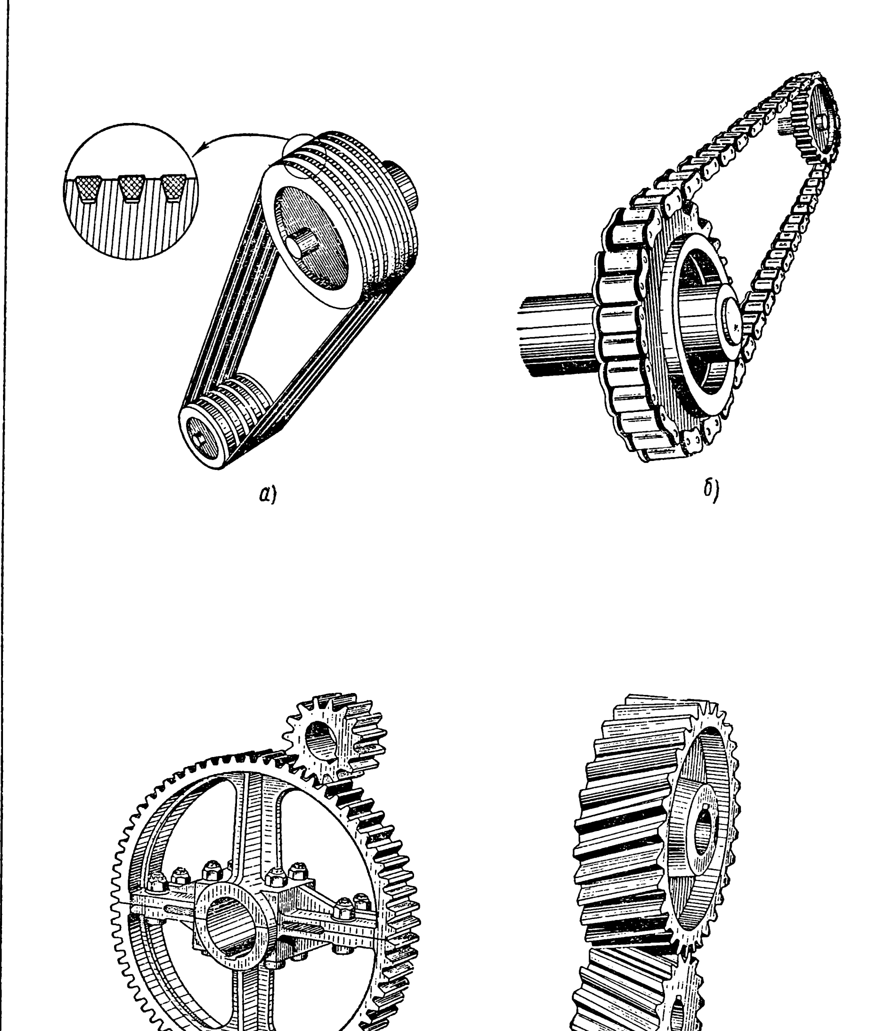
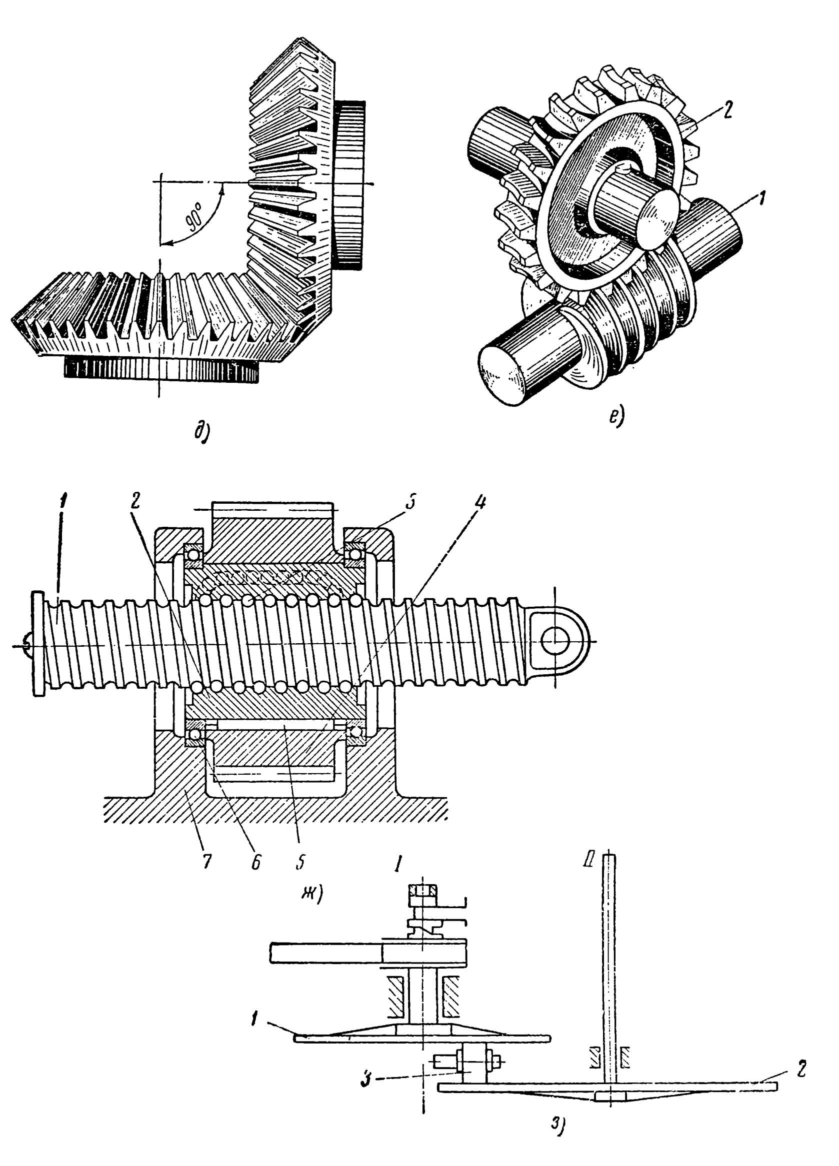


Рис. 67. Виды

а — ременная, *б* — цепная, *в*, *г* и *д* — зубчатые.



передач:

е — червячная, *ж* — винтовая шариковая, *з* — фрикционная

При быстрой подаче вал получает через зубчатое колесо (на рисунке не показано) скорость вращения, превышающую скорость вращения диска, но при наличии собачки отставание диска не влияет на ускоренное вращение валика. Если вал через сидящее на нем зубчатое колесо вращается в ту же сторону, что и зубчатое колесо, но с большей скоростью, то диск отстает от вала *1* и не мешает его ускоренному вращению.

Ременные передачи. Ременные передачи используют в станках для передачи вращения при значительном расстоянии между осями валов.

Ременные передачи имеют ряд достоинств, заключающихся в простоте и дешевизне их изготовления, плавности и бесшумности работы, эластичности, смягчающей колебания нагрузки. Недостатком ременной передачи является увеличенная радиальная нагрузка на валы и опоры, непостоянство передаточного отношения и нарушение нормальной работы при попадании масла на ремни.

В ременных передачах применяются плоские и клиновидные ремни. В плоскоременных передачах шкивы имеют цилиндрическую или немного овальную наружную поверхность, а в клиноременных — шкивы делаются с проточенными канавками (ручьями), сечение которых соответствует сечению ремня.

Передаточное отношение ременной передачи равняется:

$$i_{\text{р.п}} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{D_2}{D_1}$$

где n_1 — число оборотов ведущего вала;
n_2 — число оборотов ведомого вала;
D_1 — диаметр ведущего шкива;
D_2 — диаметр ведомого шкива.

Если на ведомом валу требуется получить несколько различных чисел оборотов, то пользуются многоступенчатыми шкивами. Плоские ремни бывают кожаные, прорезиненные и текстильные.

В производстве применяются как цельные (бесшовные), так и сшивные ремни. При передаче клиновыми ремнями значительной мощности используют шкивы с несколькими ручьями (рис. 67, *а*).

В процессе работы ремни постепенно вытягиваются и начинают проскальзывать. Чтобы избежать этого, требуется периодически восстанавливать натяг ремней. Одним из способов натяжения ремней является перемещение электродвигателя на салазках для увеличения расстояния между двигателем и ведомым валом.

Более надежный способ — натяг ремней с помощью натяжных роликов (рис. 68). В этом случае натяг осуществляется путем

поворота кронштейна *2*, закрепляемого винтом *1*. В некоторых натяжных конструкциях натяг поддерживается пружиной.

Каждый тип ремней рассчитан на определенную окружную скорость. В станкостроении приняты следующие пределы окружных скоростей ремней: для прорезиненных сшитых ремней — 25 *м/сек,* для кожаных сшитых — 40 *м/сек,* для клиновых — 30 *м/сек,* для бесшовных хлопчатобумажных многослойных — до 50 *м/сек,* для шелковых малослойных — до 75 *м/сек.*

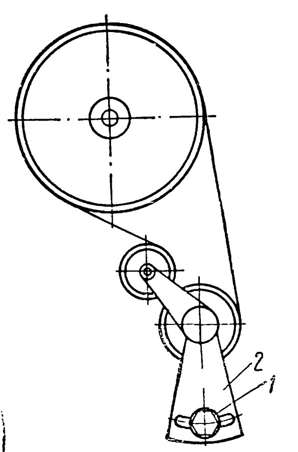


Рис. 68. Натяжное устройство с роликом

Цепные передачи. При одной и той же передаваемой мощности цепные передачи имеют меньшие габариты, чем ременные. Поэтому для передачи больших крутящих моментов применяют цепные передачи.

Для механизмов, требующих точных стабильных передаточных отношений цепная передача непригодна, так как в течение одного оборота передаточное отношение этой передачи колеблется. Цепная передача неустойчива при резко изменяющихся нагрузках.

В металлорежущих станках применяют в основном втулочно-роликовые и зубчатые (рис. 67, *б*) бесшумные цепи. Зубчатые цепи отличаются более тихой и плавной работой по сравнению с роликовыми, но они сложнее и дороже в изготовлении.

Передаточное отношение цепных передач рассчитывается по формуле

$$i_{ц.п} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1}$$

где n_1 — число оборотов ведущего вала;
n_2 — число оборотов ведомого вала;
z_1 — число зубьев ведущего колеса;
z_2 — число зубьев ведомого колеса.

Зубчатые передачи. Механизмы с зубчатыми передачами, несмотря на сложность их изготовления и монтажа, широко применяют в металлорежущих станках. Это объясняется тем, что они обеспечивают точное передаточное отношение, компактны и надежны в работе. Исключением является группа шлифовальных станков, где применение зубчатых передач ограничено, так как они не обладают нужной эластичностью и бесшумностью при больших скоростях.

Зубчатые колеса бывают прямозубые, косозубые и шевронные. *Прямозубые* цилиндрические колеса (рис. 67, *в*) применяют при жестких и скользящих соединениях с валом.

Косозубые колеса (рис. 67, *г*) применяют только при жестком соединении с валом. Они обладают плавностью хода и используются для передачи больших крутящих моментов. Недостатком косозубых шестерен является наличие осевого давления, которое передается на опоры.

Колеса с шевронным зубом также обеспечивают плавность хода, но свободны от указанного недостатка косозубых шестерен.

Наряду с цилиндрическими в передачах используются *конические зубчатые колеса,* которые применяются для передачи вращения между валами с пересекающимися осями (рис. 67, *д*). Для валов, лежащих не в одной плоскости, применяют (очень редко) *винтовые зубчатые колеса.*

Передаточное отношение зубчатой передачи определяется по формуле

$$i_{\text{з.п}} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1},$$

где n_1 — число оборотов ведущего вала;
n_2 — число оборотов ведомого вала;
z_1 — число зубьев ведущего колеса;
z_2 — число зубьев ведомого колеса.

Червячные передачи. При необходимости осуществить одной парой зубчатых колес большое передаточное отношение применяют червячную передачу (рис. 67, *е*), состоящую из червяка и червячного колеса. Червяки бывают однозаходные и многозаходные.

Передаточное отношение червячной передачи определяется по формуле

$$i_{\text{ч.п}} = \frac{k}{z}$$

где k — число заходов червяка;
z — число зубьев червячного колеса.

Червячная пара, как правило, работает при обильной смазке, причем масло служит не только для смазки, но и для отвода тепла.

Червяки изготовляются из конструкционной или легированной стали, червячные колеса для малонагруженных передач (при окружной скорости червяка меньше 3 *м/сек*) изготовляют из чугуна. Для более нагруженных передач червячные колеса выполняют из бронзы.

Винтовые передачи. Винтовые передачи главным образом применяются в механизмах подач и механизмах установочных движений. Механизмы с винтовыми передачами предназначены для преобразования вращательного движения в поступательное. Эти передачи обеспечивают высокую точность и плавность хода.

Винтовые механизмы выполняются:

а) с вращающимся винтом и перемещающейся поступательно или неподвижной гайкой. Например, в токарных станках ходовой винт вращается, а гайка движется (вместе с суппортом) поступательно;

б) с вращающейся гайкой и перемещающимся поступательно винтом. Например, в механизме подъема и опускания шлифовальной бабки некоторых плоскошлифовальных станков.

Резьба ходовых винтов обычно трапецеидальная и лишь в отдельных случаях применяют прямоугольную резьбу.

Ходовые винты изготовляют большей частью из конструкционной стали, а гайки к ним из оловянистой бронзы. В менее ответственных случаях для гаек используют антифрикционный чугун.

Винтовые передачи характеризуются большими потерями на трение. В настоящее время начинают применять *шариковые винтовые механизмы*, в которых трение скольжения заменено трением качения.

На рис. 67, *ж* показан шариковый винтовой механизм, отличающийся высоким коэффициентом полезного действия. Винтовая канавка гайки *2* заполнена шариками *3*. При вращении шестерни *4*, соединенной шпонкой *5* с гайкой, продольное движение винта *1* протекает в условиях трения качения. Этой же цели служат радиально-упорные шарикоподшипники *6*, установленные в корпусе *7*

Фрикционные передачи. Механизмы, в которых для передачи вращения используется сила трения, называются *фрикционными передачами.*

В приводе шпинделя некоторых станков с целью поддержания постоянной скорости резания применяется фрикционный механизм бесступенчатого регулирования скорости шпинделя, схема которого показана на рис. 67, *з*.

Вал *I* с диском *1* является ведущим, а вал *II* с диском *2* — ведомым. Между ними помещен ролик *3*. Под действием пружины оба диска прижимаются к ролику, который передает вращение диска *1* диску *2*. Сила, прижимающая диски к ролику,

$$Q = \frac{P}{f} \cdot \beta,$$

где P — максимальное окружное усилие на диске *2*;
f — коэффициент трения ролика по диску;
β — коэффициент запаса, предупреждающий буксование передачи, принимается равным 1,6÷2.

Максимальное передаточное отношение рассматриваемого механизма, называемого *лобовым вариатором*, равно **4**, максимальная передаваемая мощность $N_{макс} = 4$ *квт*.

Определить фактическое значение передаточного отношения вариатора можно из уравнения

$$i = \frac{n_2}{n_1} = \frac{r_1}{r_2} \varphi,$$

где n_1 — число оборотов ведущего вала;
n_2 — число оборотов ведомого вала;
r_1 — расстояние ролика от оси ведущего диска;
r_2 — расстояние от оси ведомого диска;
φ — коэффициент, учитывающий буксование передачи, равный 0,97.

Недостатком этой передачи являются ее большие габариты и интенсивный износ ролика.

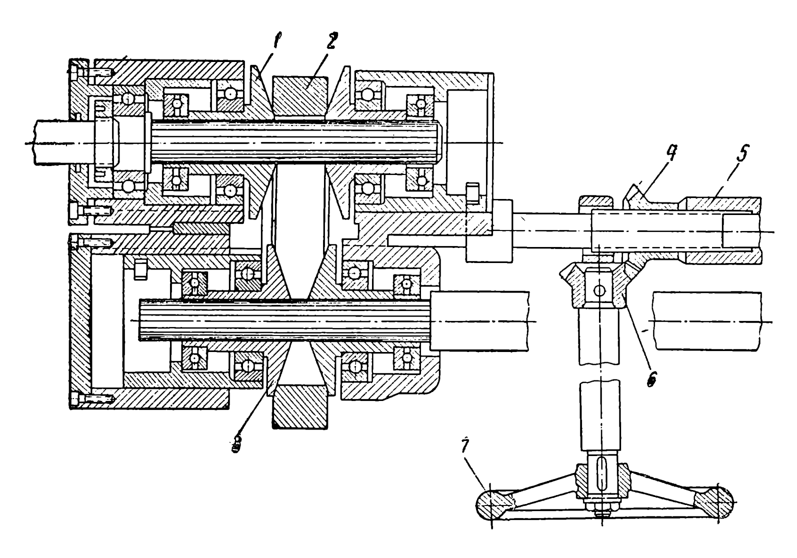


Рис. 69. Фрикционная передача в передней бабке круглошлифовального станка 3Д16

Бесступенчатый привод более совершенной конструкции с применением фрикционной передачи показан на рис. 69. Этот привод применяется в передней бабке круглошлифовального станка 3Д16.

Пара раздвижных конусов *1*, смонтированных на ведущем валу, связана стальным кольцом *2* с другой парой раздвижных конусов *3* на ведомом валу. Кольцо *2* имеет с обоих торцов по внутреннему диаметру небольшие фаски (2—2,5 *мм*), угол которых соответствует углу раздвижных конусов. Эти фаски являются рабочей поверхностью.

Регулирование скорости вращения ведомого вала производится маховиком *7* и парой конических шестерен *4* и *6*. При вращении шестерни *4*, связанной с гайкой, винт *5*, раздвигая верхние конусы, сдвигает нижние, и скорость вращения ведомого вала уменьшается. При вращении маховика в обратную сторону скорость вала увеличивается. Ведомый вал связан со шпинделем передней бабки.

Данная передача отличается компактностью и надежностью в работе, поэтому она применяется в приводах многих типов станков.

§ 67. ГИДРОПРИВОДЫ

Назначение и принцип работы. Гидроприводы широко используются на современных металлорежущих станках. Они служат для передачи движения от приводного двигателя к механизмам станка посредством жидкости.

Основные преимущества гидроприводов заключаются в возможности бесступенчатого регулирования скорости в широких пределах; способности развивать значительные тяговые усилия и крутящие моменты при небольших размерах механизма; возможности полной автоматизации рабочего цикла простыми средствами; долговечности деталей гидропривода (поршней, цилиндров).

Гидроприводы применяются главным образом для получения прямолинейных перемещений в механизмах подачи и рабочего движения шлифовальных, строгальных, протяжных и других станков. В отдельных случаях они применяются для передачи вращательного движения, как, например, на резьбошлифовальном станке модели 582 для вращения шлифуемого изделия. Гидравлические передачи часто используются для механизации управления станком, например для переключения скоростей и реверсирования.

Недостатками гидроприводов является утечка рабочей жидкости через зазоры и уплотнения, невозможность получения очень медленных движений (меньше 0,1 *м/мин*), а также неравномерность передаваемого движения.

В качестве рабочей жидкости для гидросистем применяется очищенное минеральное масло. Для механизмов, работающих на больших скоростях, берут менее вязкое масло (веретенное 3), а на меньших скоростях — более вязкое (турбинное Л или индустриальное 30).

Потери в гидроприводах складываются из механических потерь (потери на трение в движущихся деталях гидросистемы), объемных потерь (потери на утечку масла через неплотности и зазоры во всех звеньях) и гидравлических потерь.

Потери механические учитываются коэффициентом полезного

действия $\eta_м$, значение которого принимается таким же, как и в других механизмах.

Потери объемные учитываются объемным к.п.д., значение которого равно:

$$\eta_{об} = \frac{Q_д}{Q_т}$$

где $Q_д$ — действующий объем масла в рабочей зоне гидропривода;

$Q_т$ — теоретический объем масла, на который рассчитан насос.

Объемный к.п.д. зависит от давления, температуры и вязкости масла, от состояния уплотнений и зазоров в движущихся органах гидросистемы и колеблется в пределах 0,9—0,985.

Потери гидравлические, вызванные внутренним трением частиц масла, трением движущегося масла о стенки труб и других деталей гидроаппаратуры, сопротивлением движению масла при резких изменениях направления и сечения в коленах трубопровода и отверстиях аппаратуры, определяются гидравлическим к. п. д. η , который колеблется в пределах 0,95—0,98.

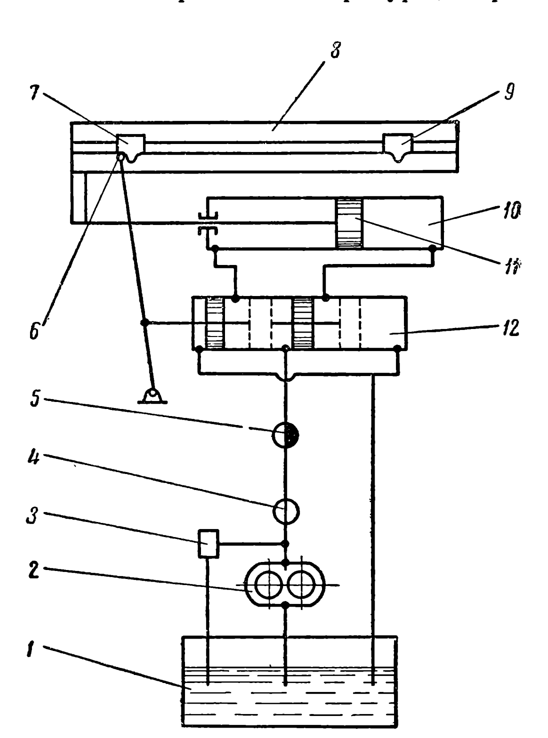


Рис. 70. Схема гидропривода возвратно-поступательного движения стола

Общий к.п.д. гидропривода $\eta = \eta_м \cdot \eta_{об} \cdot \eta_г$.

Гидропривод, помимо насоса и рабочего цилиндра, состоит из регуляторов скорости и давления, а также распределительных устройств. На рис. 70 показана схема гидропривода для обеспечения возвратно-поступательного движения стола круглошлифовального станка.

Насос *2*, забирая масло из бака *1*, через кран управления *4* направляет его в регулятор скорости *5*, а оттуда в полость цилиндра золотника *12*. При положении поршня золотника, показанном на схеме, масло поступает

в левую полость рабочего цилиндра *10* и толкает поршень *11*, а вместе с ним стол станка вправо. Одновременно масло из правой полости рабочего цилиндра выталкивается и тем же путем направляется в бак.

На боковой поверхности стола *8* станка в нужном положении устанавливаются упоры *9* и *7*, расстояние между которыми равно требуемой длине хода стола. При движении стола вправо упор *9*, достигнув головки рычага *6*, передвигает его вправо, и поршень золотника займет положение, показанное на схеме пунктиром. В новом положении поршня золотника масло от насоса будет поступать в правую полость рабочего цилиндра и стол начнет двигаться влево, пока упор *7* не возвратит поршень золотника в прежнее положение.

Во время кратковременных остановок станка для замера или для съема прошлифованной детали и установки следующей насос обычно не отключается и в это время масло из насоса через предохранительный клапан *3* сливается обратно в бак. Бывает, что и во время хода стола не все масло, нагнетаемое насосом, используется рабочим цилиндром; в этих случаях излишек масла также через клапан уходит в бак.

Насосы. Насосы гидроприводов предназначены для нагнетания масла в гидросистему. В металлорежущих станках применяются насосы трех типов: шестеренные, лопастные и поршневые.

Шестеренные насосы имеют постоянную производительность, а лопастные и поршневые — как постоянную, так и переменную производительность.

Шестеренный насос (рис. 71, *а*) состоит из пары зубчатых колес *1*, вращающихся в корпусе *2* с весьма малыми зазорами. При направлении вращения колес, показанном стрелками, масло, поступающее по каналу *I*, заполняет впадины между выходящими из зацепления зубьями и увлекается в сторону канала *II*. При входе зубцов в зацепление масло выталкивается из впадин и нагнетается в канал *II*, питающий гидросистему.

Шестеренные насосы выпускаются низкого, среднего и высокого давления. Насосы низкого давления, собранные совместно с электродвигателем (тип ШДП), применяются в системах охлаждения металлорежущих станков. Такие же насосы давлением 2—5 $кг/см^2$, но без электродвигателя (тип Ш) применяются в системах смазки станков.

Для питания гидросистем применяются шестеренчатые насосы среднего и высокого давления (10—65 $кГ/см^2$). Производительность таких насосов от 5 до 125 литров в минуту.

Производительность шестеренного насоса с одинаковыми шестернями определяется с точностью до 2% с помощью формулы

$$Q = \frac{\pi \cdot S(D-S) \cdot b \cdot n}{10^6} \ л/мин,$$

где D — диаметр наружной окружности зубчатого колеса, *мм;*
S — расстояние между центрами зубчатых колес, *мм;*
b — ширина зубчатого колеса, *мм;*
n — число оборотов шестерен в минуту.

Схема работы лопастного насоса двойного действия с постоянной производительностью показана на рис. 71, *б*.

В корпусе насоса закреплено статорное кольцо *1*, имеющее внутреннюю полость вытянутого профиля. Внутри статорного

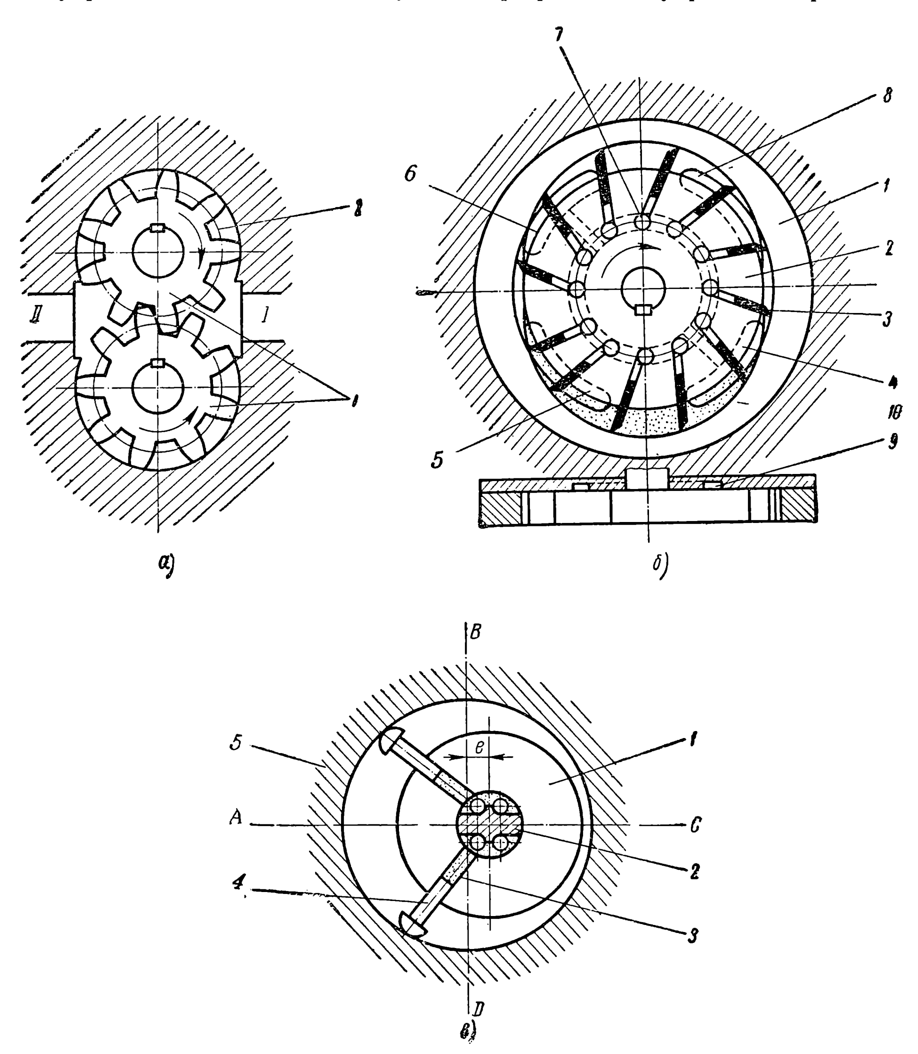


Рис. 71. Гидравлические насосы:
а — шестеренный, *б* — лопастный, *в* — поршневой

кольца помещен ротор 2, вращающийся в подшипниках, смонтированных в корпусе насоса.

Ротор имеет 12 пазов шириной 1,8—2,5 *мм*, в которых перемещаются лопасти *3*, толщина которых на 0,01—0,02 *мм* меньше ширины пазов, а высота на такую же величину меньше высоты статорного кольца. Такое соотношение размеров обеспечивает свободное перемещение лопастей в пазах ротора, которые под действием центробежной силы постоянно прижаты к внутренней поверхности статорного кольца.

Статорное кольцо вместе с ротором закрывается крышками *9*, которые имеют по четыре профрезерованных окна. Окна *4* и *6* соединены с полостью всасывания. В этом месте пространство между лопастями заполняется маслом. Проходя участок наибольшей вытянутости полости статора, лопасти начинают постепенно вдавливаться в пазы ротора, а масло вытесняется в окна полости нагнетания *5* и *8*. За один оборот ротора лопасти дважды производят всасывание и нагнетание, поэтому насос и называется насосом двойного действия.

На крышках имеется кольцевая выточка *10*, соединенная с окнами нагнетания *5* и *8*. Отсюда масло попадает в отверстия *7* ротора для создания давления на тыльной стороне каждой лопасти, прижимающего их к статору. Производительность лопастного насоса тем больше, чем более вытянута полость статорного кольца, и прямо пропорциональна высоте этого кольца.

В гидроприводах применяются лопастные насосы марки Л/Ф, которые выпускаются восьми типоразмеров со следующей технической характеристикой:

Производительность, *л/мин*	5—100
Рабочее давление, *кГ/см²* .	до 65
Приводная мощность, *квт*	до 13
Объемный к.п.д. η	0,62—0,92

Поршневые насосы гидроприводов позволяют развить в гидросистеме давление до 200 *кГ/см²*.

Схема поршневого насоса показана на рис. 71, *в*. Ротор *1* вращается на неподвижном валу *2*, который по длине имеет два изолированных друг от друга внутренних канала. Один канал (на схеме верхний) соединен с всасывающей трубой, а другой — с нагнетающей. В роторе имеется ряд радиальных отверстий *3*, служащих цилиндрами для поршней *4*. Эксцентрично ротору неподвижно смонтирован цилиндр *5*, внутренняя поверхность которого при вращении ротора создает возвратно-поступательное движение поршней в радиальном направлении. Путь каждого поршня равен удвоенной величине смещения *е*.

При движении головки поршня по полуокружности *ABC*, он перемещается к центру и нагнетает масло в нижний канал и

оттуда в нагнетательную трубу. На участке *CDA* движения головки поршня происходит засасывание масла. За один оборот ротора каждый поршень делает двойной ход. Число цилиндров бывает 5—9, а в более мощных насосах используются два ряда цилиндров.

Поршневые насосы изготовляются различных типоразмеров производительностью 50—200 *л/мин* при давлении 75—200 *кг/см²*.

Рабочие цилиндры. В механизмах с возвратно-поступательным движением в качестве гидродвигателей применяются рабочие цилиндры.

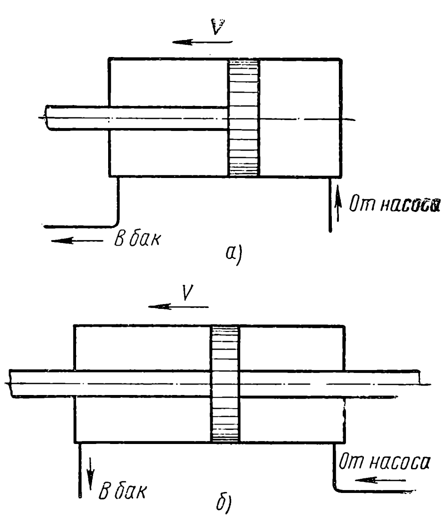


Рис. 72. Гидравлические цилиндры: *а* — с односторонним штоком, *б* — с двухсторонним штоком

Рабочие цилиндры имеют поршни с односторонним (рис. 72, *а*) или двухсторонним штоком (рис. 72, *б*) Цилиндры с двухсторонним штоком обеспечивают равенство скоростей прямого и обратного ходов. Однако на практике часто применяют рабочие цилиндры, имеющие поршни с односторонним штоком. В таких цилиндрах скорость движения поршня в разные стороны неодинакова.

Для определения отношения скоростей поршня в правую и левую сторону вводим следующие обозначения:

F — площадь сечения цилиндра;
$F_{шт}$ — площадь сечения штока;
$F_0 = F - F_{шт}$ — площадь сечения правой полости;
v_1 — скорость движения поршня вправо;
v_2 — скорость движения поршня влево;
Q — расход масла.

Из условия равенства расхода масла можно написать:

$$Q = F_0 \cdot v_1 = F \cdot v_2 = (F - F_{шт})\ v,$$

откуда

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{F - F_{шт}}{F} = 1 - \frac{F_{шт}}{F}$$

Обычно отношение диаметра штока к диаметру цилиндра составляет от 0,25 до 0,4.

Пример. Определить отношение скорости поршня в правую и левую сторону, если диаметр штока равен 0,4 диаметра цилиндра, т. е. $\frac{d}{D}=0{,}4$.

Решение.

$$\frac{v_2}{v_1}=1-\frac{F_{шт}}{F}$$

$$\frac{F_{шт}}{F}=\frac{\pi d^2}{\pi D^2}=\frac{d^2}{D^2}=0{,}4^2=0{,}16,$$

откуда

$$\frac{v_2}{v_1}=1-0{,}16=0{,}84,$$

следовательно,

$$v_1=\frac{v_2}{0{,}84}=1{,}2\ v_2.$$

Регулирование работы гидропривода. При работе станка на различных режимах требуется изменять скорость перемещения рабочих механизмов. Такое изменение производится регулирова-

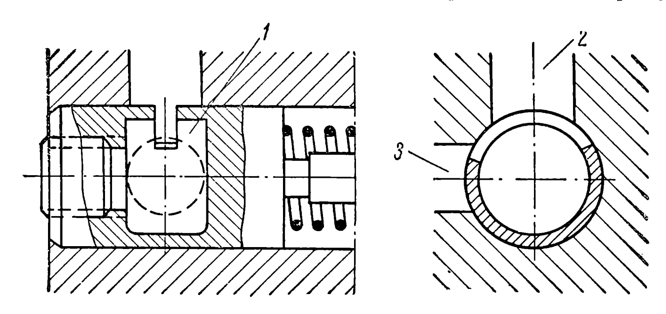


Рис. 73. Щелевой дроссель

нием количества масла, поступающего в рабочие цилиндры гидропривода при помощи дросселя. Наиболее часто применяют дроссели щелевого типа (рис. 73).

Поворотом дросселя *1* изменяют размер щели для прохода масла из канала *2* в канал *3*. С изменением размера щели изменяется гидравлическое сопротивление проходу масла. Чем меньше щель, тем больше гидравлическое сопротивление и тем меньше количество пропускаемого масла, и наоборот.

Регулирование дросселем обеспечивает плавное изменение скорости рабочего механизма в больших пределах; так, например, скорость продольной подачи внутришлифовального станка 3250 регулируется в пределе 250—8000 *мм/мин*. Дроссели можно ставить либо на пути входа масла в рабочий цилиндр, либо на выходе из цилиндра. Чаще дроссель устанавливают на выходе, что обеспечивает более равномерный ход поршня.

Обычно в гидроприводах металлорежущих станков применяют насосы постоянной производительности. Но так как расход

масла колеблется в значительных пределах, то в гидросистеме станка иногда создается излишек масла. Для того чтобы избежать скачков давления в гидросистеме, излишки масла отводятся в бак, минуя рабочие цилиндры через предохранительные клапаны.

На рис. 74 показан разрез шарикового предохранительного клапана. Канал *1* соединен с трубопроводом гидросистемы. Пружина *5* давит на наконечник *3*, который посредством шарика *4* закрывает канал *1*. Сила пружины *2* выбрана с таким расчетом, что при давлении в гидросистеме, превышающем нормальное, шарик преодолевает сопротивление пружины и открывает выход для масла из канала *1* в каналы *2*, ведущие в бак. Перелив масла продолжается до тех пор, пока давление в системе не восстановится до нормальных пределов.

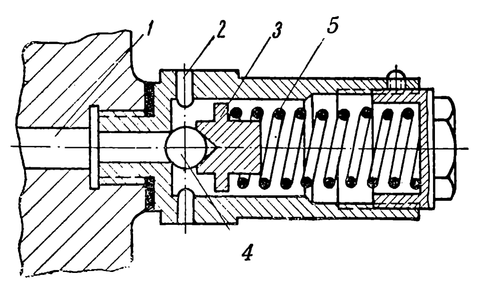


Рис. 74. Шариковый предохранительный клапан

Для управления потоком масла в рабочие цилиндры гидропривода и для отвода его после работы в бак служат распределители или переключатели.

Распределители бывают крановые и золотниковые. На рис. 75 показано устройство кранового распределителя. Корпус *12* имеет четыре отверстия, соединяемые соответственно с насосом, баком и с каждой полостью рабочего цилиндра. С другой стороны каждое из этих отверстий соединено с соответствующей камерой, имеющейся на наружной поверхности распределителя *2*.

При установке рукоятки *1* в позицию *M* масло от насоса поступает в отверстие *4*. Оттуда через камеру *3* и сквозное отверстие *9* распределителя масло переходит в камеру *8* и через отверстие *7* корпуса направляется в правую полость цилиндра. В то же время из левой полости цилиндра масло поступает в отверстие *5* и дальше через камеру *6*, сквозные отверстия *13* распределителя и камеру *10* поступает в отверстие *11* и далее в бак.

При положении рукоятки распределителя в позиции *N* масло от насоса поступает через отверстие *4*, камеру *3* и отверстие *5* в левую полость цилиндра. В это же время из правой полости масло через отверстие *7*, камеру *6* и сквозное отверстие *13* попадает в отверстие *11* и далее в бак. Управление рукояткой *1* распределителя может осуществляться от руки или механически.

Схема управления потоком масла с помощью золотникового распределителя показана на рис. 70. Имеются нормализованные конструкции золотников. Так, золотники с гидравлическим управлением Г-72 изготовляются семи различных типоразмеров.

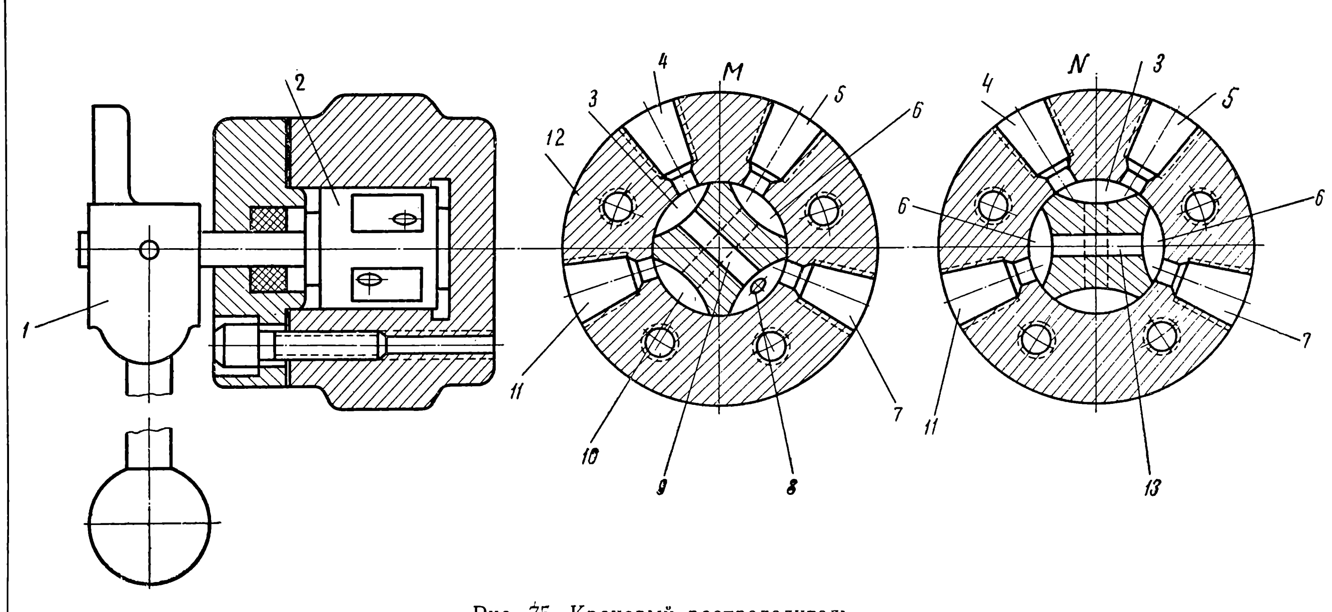


Рис. 75. Крановый распределитель

§ 68. ЭЛЕКТРОПРИВОДЫ

Каждый металлорежущий станок, как правило, приводится в движение от индивидуального электропривода, состоящего из одного или нескольких электродвигателей.

Во многих шлифовальных станках привод шпинделя шлифовального круга осуществляется электродвигателем исполнения $Щ_2$ или $Щ_5$, который устанавливается на корпусе шлифовальной бабки. Вращение шпинделю передается клиновидными ремнями.

Часто применяются фланцевые электродвигатели исполнения $Ф_2$ или $В_3$, которые непосредственно соединяются с приводным валом механизма, причем вал может иметь горизонтальное или вертикальное положение.

Широкое распространение получили также встроенные электродвигатели, ротор которых составляет одно целое со шпинделем станка; например, электрошпиндели внутришлифовальных станков.

На металллорежущих станках в основном применяют трехфазные асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором, выпускаемые в открытом и закрытом (защищенном) виде. Обычно применяют закрытые электродвигатели, в которых вращающиеся и токоведущие части надежно защищены.

Работа асинхронного электродвигателя описывается в следующей главе.

Глава IX

ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ

§ 69. ПОСТОЯННЫЙ ТОК

Если соединить медным проводом две клеммы, из которых в первой имеется избыток электронов, а во второй недостаток, то избыточные электроны мгновенно перейдут из первой клеммы во вторую. Такое движение электронов по проводнику называется *электрическим током.*

Если количество электричества, проходящего по проводнику в единицу времени, и направление его движения постоянны, то такой ток называется *постоянным.* Величина постоянного тока определяется количеством электричества, проходящего через сечение проводника за 1 сек.:

$$I = \frac{Q}{t}$$

где I — величина тока;
Q — количество электричества;
t — время, сек.

За единицу величины тока принят 1 ампер *(а)*. Если величину тока отнести к единице площади поперечного сечения проводника, то получим плотность тока, которая измеряется в *а/мм²*.

Электроны, проходя по проводнику, встречают сопротивление со стороны его атомов, чем и вызывается нагрев проводника. Величина этого сопротивления зависит от материала проводника, его сечения и длины. За единицу сопротивления принят 1 *ом* (Ω).

Сопротивление в омах проводника длиной в 1 *м* и сечением в 1 *мм²* называется *удельным сопротивлением* материала проводника (ρ). Таким образом, сопротивление проводника

$$R = \frac{\rho \cdot l}{s}\ \Omega,$$

где ρ — удельное сопротивление, *ом;*
l — длина проводника, *м;*
s — сечение проводника, *мм*².

Часто проводник характеризуют его способностью проводить электрический ток. *Проводимость проводника:*

$$q = \frac{1}{R},$$

т. е. проводимость есть величина, обратная сопротивлению проводника.

Причиной, вызывающей электрический ток, является наличие на клеммах разности количества электронов или, другими словами, *разности потенциалов.* Сила, которая устанавливает и непрерывно поддерживает разность потенциалов, называется *электродвижущей силой* (э.д.с.).

Разность потенциалов, или напряжение, на каком-либо участке цепи, сопротивление этого участка и величина тока в нем связаны формулой, выражающей закон Ома:

$$I = \frac{U}{R},$$

где I — величина тока, *а;*
U — напряжение, *в*;
R — сопротивление, Ω.

Отдельные проводники электрической цепи могут быть соединены между собой последовательно, параллельно или смешанно.

Последовательным соединением проводников называется такое соединение, когда конец первого проводника соединен с началом второго, конец второго проводника соединен с началом третьего и т. д.

Параллельным соединением проводников называется такое соединение, когда начало всех проводников соединено в одну точку, а концы всех проводников — в другую точку.

При *смешанном соединении* проводники в электрической цепи соединены как последовательно, так и параллельно.

Работа электрического тока определяется по формуле

$$A = U \cdot I \cdot t$$

или

$$A = I^2 \cdot R \cdot t.$$

За единицу работы принят 1 джоуль *(дж),* равный работе тока величиной в 1 *а* при напряжении в 1 *в* за время 1 сек.

Мощность тока определяется по следующей формуле:

$$P = \frac{A}{t} = \frac{U \cdot I \cdot t}{t} = U \cdot I.$$

За единицу мощности принят 1 ватт (*вт*). Более крупными единицами мощности являются 1 киловатт = 1000 *вт* и 1 мегаватт = 1 000 000 *вт*.

§ 70. ПЕРЕМЕННЫЙ ТОК

Электродвигатели металлорежущих станков, как правило, питаются переменным током. При переменном токе величина его и направление движения непрерывно меняются. Характер этого изменения определяется работой генератора, вырабатывающего переменный ток.

За один оборот ротора двухполюсного генератора переменного тока величина тока претерпевает следующие изменения: в начальный момент движения ротора, называемый началом фазы, сила тока равна нулю; через 90° она достигает максимального значения; через 180° (т. е. через пол-оборота) сила тока опять равна нулю; через 270° ток вновь достигает максимального значения, но направлен в обратную сторону; через 360° сила тока падает до нуля. Затем цикл повторяется.

Число таких циклов в секунду называется *частотой переменного тока*, а продолжительность цикла называется *периодом переменного тока.*

Если совместить три таких источника переменного тока с одинаковой частотой, но с началом фаз, сдвинутых на 120°, то получится *трехфазный переменный электрический ток.*

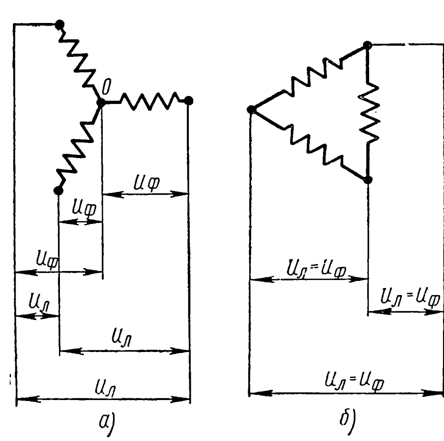


Рис. 76. Соединения фазных обмоток генератора:

а — звездой, *б* — треугольником.

Показанный на рис. 76, *а* способ соединения фазных обмоток генератора называется *соединением звездой,* в котором концы всех обмоток соединены между собой, а начало каждой обмотки соединено с соответствующим линейным проводом. При таком соединении величина тока в фазах равна линейному току, а линейные и фазные напряжения имеют следующее соотношение:

$$U_л = U_ф \sqrt{3} = U_ф \cdot 1{,}732.$$

Если концы фаз соединить *треугольником* (рис. 76, *б*), т. е. соединить фазовые обмотки последовательно, то

$$U_л = U_ф ; \quad I_л = \sqrt{3} \cdot I_ф .$$

Мощность трехфазного тока при обоих способах соединения фаз равна:

$$P=3 \cdot U_ф \quad I_ф \cdot \cos \varphi$$

или

$$P=\sqrt{3} \cdot U_л \quad I_л \cdot \cos \varphi.$$

Величина $\cos \varphi$ называется *коэффициентом мощности*, который зависит от характера включенных в цепь сопротивлений. Чем выше значение $\cos \varphi$, тем благоприятнее работа электрической цепи.

Трансформаторы. Вырабатываемый генератором переменный ток имеет напряжение 6000—1500 *в*, а электродвигатели изготовляются на напряжение не выше 500 *в*, поэтому применяют специальные устройства, преобразующие высокое напряжение в низкое (и наоборот), называемые *трансформаторами*.

Принцип действия трансформатора заключается в следующем. Если подвести ток напряжением U_1 к катушке с числом витков w_1, то в другой катушке с числом витков w_2, смонтированной на одном железном сердечнике с первой, возбуждается ток напряжением U_2, причем

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{w_1}{w_2} = K,$$

где K — коэффициент трансформации.

Для питания электродвигателя напряжением 220 *в* от генератора напряжением 6000 *в* коэффициент трансформации

$$K= \frac{6000}{220} \approx 27.$$

§ 71. АСИНХРОННЫЙ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЬ

Асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором, применяемый на металлорежущих станках в качестве привода, состоит из статора и ротора. На статоре расположена трехфазная обмотка, питаемая трехфазным током. При включении обмотки статора в цепь трехфазного переменного тока создается вращающееся магнитное поле, которое возбуждает в короткозамкнутом роторе ток. Ток ротора, взаимодействуя с вращающимся магнитным полем статора создает вращающий момент, под действием которого ротор начинает вращаться в сторону вращения магнитного поля статора.

Скорость вращения ротора всегда несколько отстает от скорости вращения магнитного поля статора, поэтому такие двигатели называются *асинхронными* (несинхронными).

Для выпускаемых отечественной электропромышленностью электродвигателей трехфазного тока единой серии приняты обо-

значения, указывающие на материал корпуса, защищенность, габариты и число полюсов. Так, обозначение АОЛ 62/6 соответствует электродвигателю с алюминиевым корпусом, в закрытом исполнении, габарита 62 на 6 полюсов. Такой же двигатель с чугунным корпусом обозначается АО 62/6.

Асинхронные электродвигатели изготовляются на напряжения 127—220, 220—380 и 500 *в*. Фактическое рабочее напряжение электродвигателя зависит от способа присоединения его к сети. Включение электродвигателя в сеть треугольником дает меньшее рабочее напряжение (127—220 *в*), а при включении звездой — большее (220—380 *в*).

Электродвигатели, применяемые на станках, имеют одно из следующих чисел оборотов в минуту: 3000; 1500; 1000; 750; 600; 500. Иногда используются двух-, трех- и четырехскоростные электродвигатели.

Работа на металлорежущих станках связана со значительными переменами нагрузки, при этом число оборотов шпинделя должно оставаться постоянным. Это оказалось возможным благодаря способности асинхронных короткозамкнутых электродвигателей незначительно изменять скорость вращения при колебаниях нагрузки. Временная перегрузка электродвигателя в 2—2,5 раза изменяет число его оборотов лишь на 10—15%. При дальнейшем увеличении нагрузки электродвигатель резко снижает скорость вращения и останавливается.

Во время пуска станка электродвигателю приходится преодолевать дополнительное сопротивление сил инерции приводимых в движение деталей, поэтому способность асинхронного короткозамкнутого электродвигателя развивать во время пуска момент, превосходящий номинальный, является также положительным качеством. Отношение пускового момента к номинальному в некоторых случаях достигает 1,7.

Отрицательным свойством асинхронного электродвигателя является большая сила тока, потребляемая им во время пуска; она примерно в 6 раз превосходит силу тока при установившемся движении, ввиду этого включение мощных станков надо производить при наименьшей нагрузке и вводить в работу основные механизмы при установившемся движении электродвигателя.

Максимальный пусковой ток вредного влияния на электродвигатель не оказывает, так как продолжительность его действия составляет доли секунды; однако он может влиять на работающие станки в цехе.

Реверсирование (изменение направления вращения) асинхронного электродвигателя легко производится путем переключения любых двух внешних контактов фазовых обмоток.

Однако такой способ реверсирования применяется лишь в тех случаях, когда число переключений в час не очень велико (20—30).

§ 72. ПУСКОРЕГУЛИРУЮЩАЯ АППАРАТУРА

Электродвигатели и другие электромеханизмы станков включаются и управляются с помощью рубильников, кнопочных пускателей и других органов управления.

Рубильник предназначен для непосредственного включения в сеть электродвигателя или группы электродвигателей, токопитание которых находится в отдельном шкафу. Все детали рубильника, находящиеся под током, заключены в кожух, а изолированная рукоятка выведена наружу.

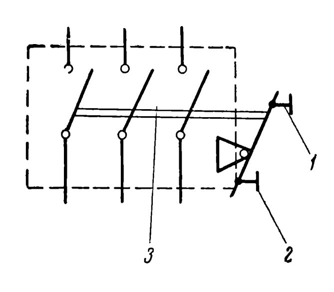


Рис. 77. Схема трехполюсного пускателя

Трехполюсные кнопочные пускатели типа КА-73А также предназначены для непосредственного включения электродвигателя в сеть. Схема работы трехполюсного пускателя показана на рис. 77. При нажатии на кнопку *1* перемещается рычаг *3*, который замыкает одновременно все три контакта. Для отключения электродвигателя служит кнопка *2*.

Пакетные переключатели служат для включения, реверсирования и отключения электродвигателя от сети. Схема пакетного переключателя показана на рис. 78. Рукоятка пакетного переключателя поворачивается на 360° и фиксируется в

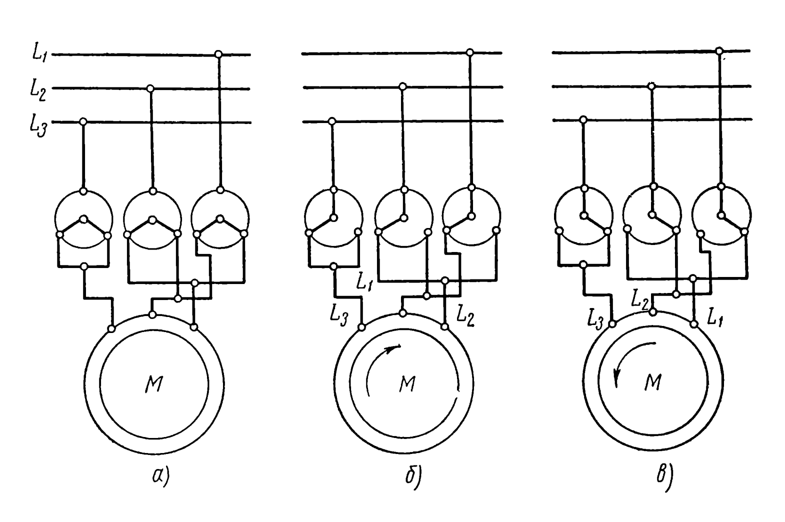


Рис. 78. Схема пакетного переключателя:
а — отключенное положение, *б* — включенное положение, *в* — реверсивное включение

трех положениях через каждые 120° В первом положении рукоятки (рис. 78, *а*) все три фазы электродвигателя отсоединены от сети (двигатель не работает). Во втором положении рукоятки (рис. 78, *б*) двигатель включен и ток поддается от фазовых линий в порядке $L_3 — L_1 — L_2$.

Для переключения вращения двигателя в обратную сторону рукоятку переключателя переводят в третье положение (рис. 78, *в*). В этом случае ток подается в порядке $L_3 — L_2 — L_1$. Так как фазы L_1 и L_2 переменились местами, двигатель вращается в обратную сторону.

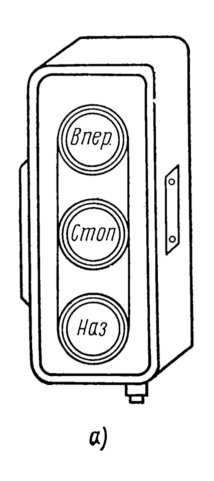
Включение двигателя при помощи пакетного переключателя применяется при ограниченном числе включений в час.

Кнопочные станции (рис. 79, *а*) используют почти на каждом станке. Они предназначены для включения, переключения на обратный ход и для отключения электродвигателя.

На рис. 79, *б* показано устройство кнопочного элемента. Нажатием кнопки *1* опускается стержень *5*, и контактный мостик *3* на конце этого стержня соединяется с неподвижным контактом *4*. Кнопки в кнопочной станции сблокированы, и при включении любой кнопки ранее включенная кнопка под действием пружины *2* возвращается в исходное положение.

Кнопочная станция очень компактна и ее можно разместить в любом месте на станке. На крупных станках применяют также подвесные кнопочные станции.

Контакторное управление. Рассмотренные выше аппараты для включения электродвигателя отличаются тем, что они включаются непосредственно в управляемую цепь рабочего



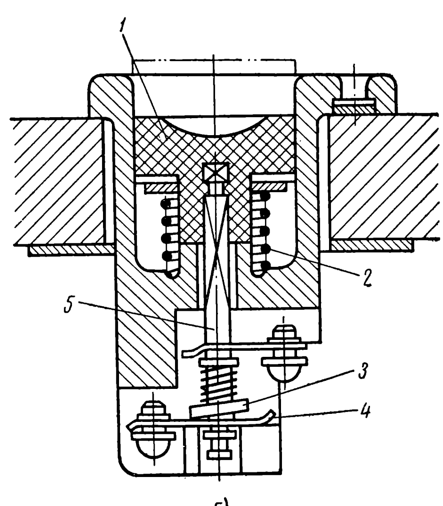


Рис. 79. Кнопочная станция:
а — общий вид, *б* — устройство кнопочного элемента

тока и называются аппаратами ручного управления электродвигателем. В металлорежущих станках обычно применяются контакторные аппараты промежуточного управления электродвигателем. Такие аппараты включаются не в цепь рабочего тока, а в промежуточную цепь управления, изолированную от цепи рабочего тока.

На рис. 80 показана схема контакторного управления электродвигателем. Соленоид *КЛ* представляет собой катушку с большим числом витков тонкой проволоки. При включении кнопки «Ход» по катушке соленоида проходит ток и создается магнитное поле, втягивающее сердечник катушки, который включает рубильник *А*, и электродвигатель начинает работать.

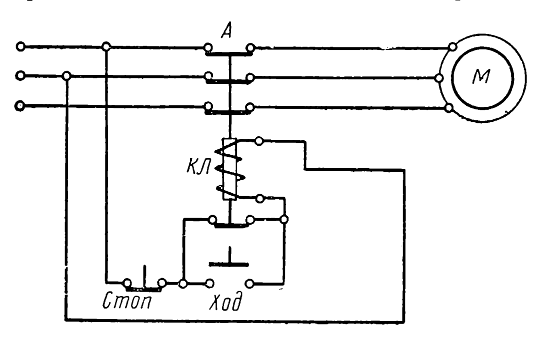


Рис. 80. Схема контакторного управления

Нажатием кнопки «Стоп» подача тока в соленоид прекращается, сердечник пружиной возвращается в исходное положение и рубильник отключается, при этом электродвигатель останавливается.

Магнитные пускатели представляют собой комплект контакторных аппаратов, объединенных вместе, и предназначаются для пуска, переключения и остановки электродвигателя.

Магнитные пускатели исключают возможность самопроизвольного включения электродвигателя, так как при прекращении подачи тока в сеть сердечник катушки под действием пружины отключает рубильник, и для включения электродвигателя требуется вторичное нажатие кнопки «Ход».

Магнитные пускатели допускают значительно большее число включений в час (120—500), чем аппараты ручного включения (20—30 включений в час).

§ 73. ЗАЩИТНАЯ АППАРАТУРА

Для предупреждения перегрузок в работе станка, которые могут привести к поломке узлов или деталей станка, или к сгоранию обмотки статора электродвигателя, применяют *плавкие предохранители*. При возрастании потребляемого тока до величины выше допустимой токопроводящая проволока предохрани-

теля расплавляется и прерывает цепь, питающую электродвигатель.

Недостатком такого способа защиты является отсутствие автоматического восстановления прерванной электрической цепи. Поэтому для этой же цели применяют *тепловые реле*, которые, выключив электродвигатель при перегрузке, автоматически включают его, когда перегрузка снята.

§ 74. ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ

Обязанность наблюдения за исправностью электрооборудования и проведение его текущего ремонта возлагается на дежурных электромонтеров. Рабочим, обслуживающим станок, не разрешается заниматься устранением неполадок в электрооборудовании станка. Но независимо от этого, рабочий обязан знать элементарные правила электробезопасности при работе на станке, а именно:

1) все токоведущие и токоподводящие средства должны быть изолированы и закрыты;

2) неисправности электроаппаратуры управления станком должен устранять только электромонтер;

3) корпусы станка и электродвигателя должны быть надежно заземлены;

4) при работе с электроинструментом необходимо пользоваться штепсельными розетками и вилками с заземляющим штырем;

5) при появлении искр на деталях станка или ощущении тока от соприкосновения со станком необходимо прекратить работу и принять меры для исправления электропроводки станка электромонтером.

Глава X

КРУГЛОШЛИФОВАЛЬНЫЕ СТАНКИ

§ 75. ВИДЫ И НАЗНАЧЕНИЕ КРУГЛОШЛИФОВАЛЬНЫХ СТАНКОВ

Шлифованию на шлифовальных станках подвергают детали для получения высокой точности и чистоты поверхности, а также детали, имеющие большую твердость после термической обработки.

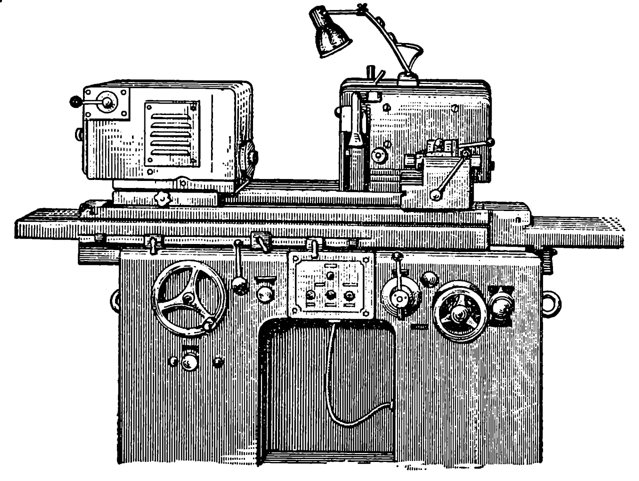


Рис. 81. Общий вид универсального круглошлифовального станка 312М

Круглошлифовальные станки предназначены для шлифования наружных цилиндрических и конических поверхностей и торцов. Существуют также *универсальные круглошлифовальные станки,* например станок модели 312М (рис. 81), который, помимо обработки наружных поверхностей, приспособлен для шлифования цилиндрических и конусных отверстий.

На других круглошлифовальных станках также предусматривается возможность с помощью специального дополнительного приспособления производить шлифование отверстий. Однако на практике внутреннее шлифование производят главным образом на *внутришлифовальных станках*. На этих станках обрабатываемая деталь вращается для осуществления круговой подачи.

В случае шлифования отверстий в больших по размерам деталях, которым новозможно сообщить вращательное движение, круговая подача осуществляется шлифовальным шпинделем. Вращаясь вокруг собственной оси, шпиндель вместе со своей осью совершает дополнительное, так называемое планетарное, вращение вокруг оси шлифуемой поверхности. Станки, работающие таким способом, называются *планетарно-шлифовальными станками*.

В массовом и крупносерийном производстве широко применяют *бесцентровые круглошлифовальные станки* для наружного шлифования цилиндрических, конических и профильных деталей. Реже бесцентровошлифовальные станки используют для внутреннего шлифования.

В массовом производстве сейчас важнейшее место занимают шлифовальные станки с полуавтоматическим и автоматическим циклом работы. Полуавтоматические станки отличаются от автоматических тем, что в них съем обработанной детали и установка следующей производятся вручную, а все остальные операции совершаются автоматически.

§ 76. УСТРОЙСТВО КРУГЛОШЛИФОВАЛЬНЫХ СТАНКОВ

На рис. 82 показаны основные узлы и детали станка.

Станина *1* служит для установки всех узлов и механизмов станка и органов управления. Внутренние полости ее используются для размещения гидроагрегатов, а также служат резервуаром для масла. На верхней поверхности станины имеются тщательно обработанные продольные направляющие, по которым совершает возвратно-поступательное движение стол *4*. Стол приводится в движение от гидравлической системы станка. Изменение направления движения стола (реверсирование) производится поворотом рычага *7* при соприкосновении с упором *10*.

Два упора *10* перемещаются по имеющемуся на боковой поверхности стола Т-образному пазу и закрепляются в нужном положении в зависимости от длины и расположения шлифуемой поверхности изделия.

Во время наладки или в тех случаях, когда по условиям работы требуется производить продольную подачу от руки, пользуются маховичком *2*.

На столе станка установлена передняя бабка *6* с электродвигателем *5* для вращения детали.

Деталь закрепляется в зажимном патроне или устанавливается в центрах. Один центр вставлен в отверстие шпинделя передней бабки, а другой — в задней бабке *9*. Поджим детали задним центром производится пружиной. Для ввода заднего центра в центровое отверстие шлифуемой детали служит рычаг *8*.

Для шлифования конусных деталей с углом наклона, не превышающем 8—10°, верхняя часть стола может быть повернута на величину угла конуса с помощью винта *11*.

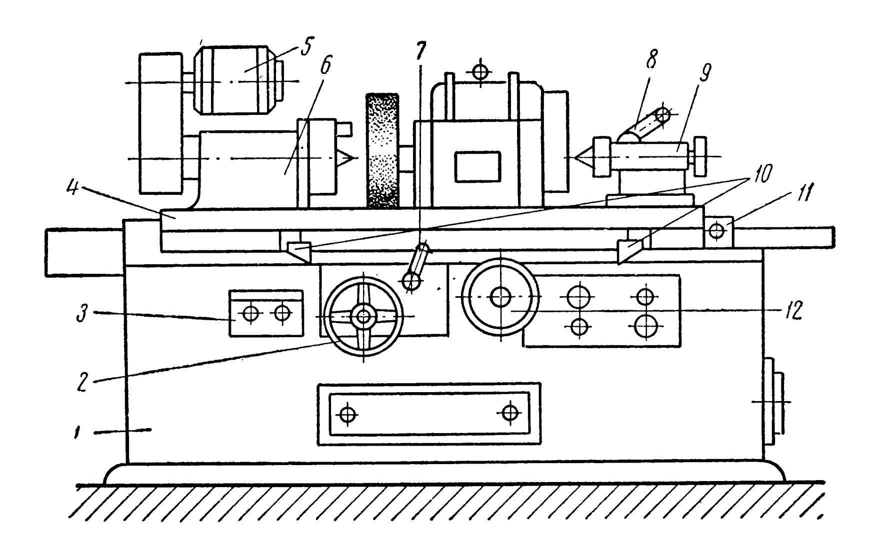


Рис. 82. Основные узлы и детали круглошлифовального станка

Помимо продольных направляющих, по которым перемещается стол станка, на станине имеются поперечные направляющие для установки и перемещения шлифовальной бабки.

Шпиндель шлифовальной бабки, несущий шлифовальный круг, приводится в движение от отдельного электродвигателя через клиноременную передачу. Скорость вращения шпинделя изменяется сменой шкивов.

Перемещение шлифовальной бабки для осуществления радиальной подачи производится автоматически от гидравлической системы или вручную маховичком *12*, расположенным на передней стенке станка. На некоторых станках этот маховичок расположен непосредственно на шлифовальной бабке.

Кнопочное управление *3* расположено на передней стенке станины.

Масло, питающее гидросистему, заливается либо непосредственно в предназначенный для этой цели отсек станины, либо в специальный бак, помещающийся внутри станины. Охлаждающая жидкость заливается в отдельный бак, который расположен около станка или вмещен во внутреннюю полость станины.

§ 77. КРУГЛОШЛИФОВАЛЬНЫЙ СТАНОК 312М

Станок изготовляется на Ленинградском станкостроительном заводе им. Ильича и предназначен для точного наружного шлифования деталей диаметром от 3—5 *мм* до 50—75 *мм*. Шлифовальная бабка станка приспособлена также для внутреннего шлифования цилиндрических и конических отверстий.

Помимо поворотных верхних салазок шлифовальной бабки имеются поворотные нижние салазки, что позволяет шлифовать детали с удлиненными коническими поверхностями, угол конуса которых превышает 15°

Станина. Станина предназначена для установки узлов и деталей станка и выполнена в виде отливки жесткой конструкции. Спереди посредине сделана большая ниша для ног шлифовщика, работающего сидя. Боковые передние крылья станины имеют ниши для размещения механизмов и обработанную переднюю плоскость для крепления узлов управления станком.

Внутренняя полость станины разделена на два отсека (рис. 83). В левом отсеке *1* размещается бак для масла и гидронасос

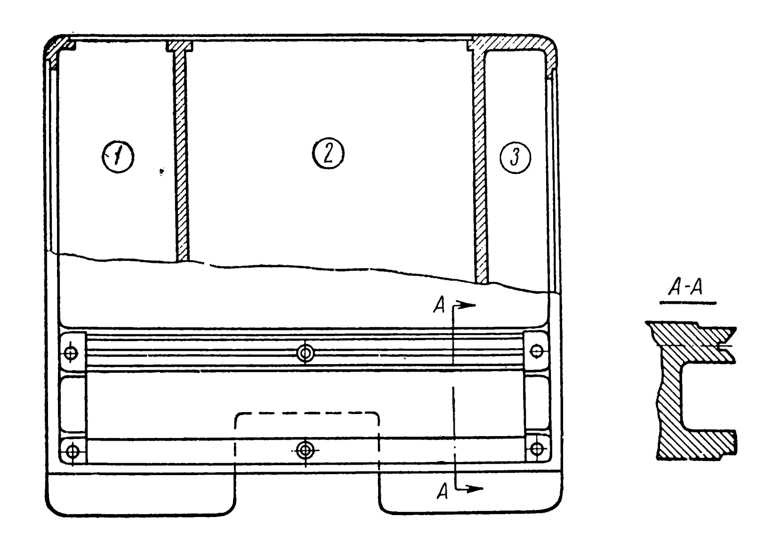


Рис. 83. Станина

с электродвигателем. Регулирование гидроаппаратуры производится через люк, имеющийся на левой стенке станины. Правый отсек *2* предназначен для бака с охлаждающей жидкостью. Оба отсека закрываются крышкой.

С правой стороны станины находится ниша *3* для монтажа электроаппаратуры.

На верхней поверхности станины расположены направляющие для продольного движения стола. Профиль сечения направляющих показан на разрезе. В середине направляющих поверхностей имеются отверстия для поступления смазки, а по концам направляющих — гнезда для стока масла, откуда оно сливается в отстойник. Салазки шлифовальной бабки крепятся на верхней части станины, на специально обработанной поверхности. Там же слева имеется прямоугольное отверстие для установки бачка первичного очистителя охлаждающей жидкости и круглое отверстие для насоса охлаждения.

Стол. Стол (рис. 84) станка состоит из нижнего стола *1* с направляющими поверхностями и верхнего поворотного стола *3*, служащего для установки передней и задней бабок. Нижний стол отлит вместе с козырьками *11*, защищающими направляющие станины от попадания обломков абразивных зерен и пыли. Для этой же цели служит длинный щиток *6*, привернутый к задней части стола.

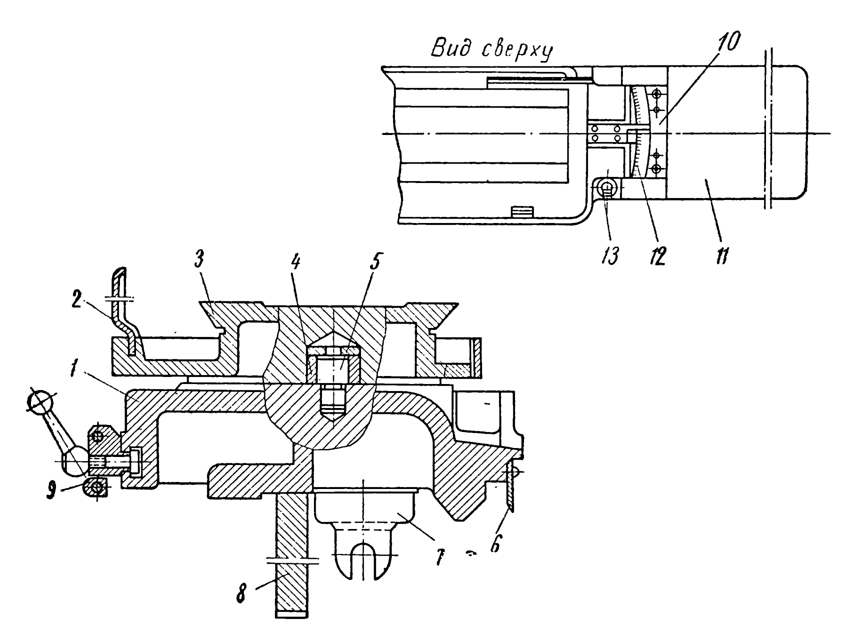


Рис. 84. Устройство стола

К торцу нижнего стола привернут кронштейн *7*, посредством которого стол соединяется со штоком гидравлического цилиндра. Снизу прикреплена рейка *8*, служащая для ручного продольного перемещения стола. Передняя сторона нижнего стола имеет Т-образный паз, в котором крепятся упоры *9* для изменения направления движения стола.

На верхней поверхности нижнего стола запрессована пробка *5*, на которую надета скользящей посадкой втулка *4*, запрессованная в поворотном столе. Вокруг оси пробки происходит поворот стола, который осуществляется винтом *13*. Величина угла поворота стола при шлифовании конусных деталей отсчитывается по шкале *12*.

В том случае, когда на чертеже детали угол задается не в градусах, а величиной конусности, то для установки стола пользуются второй шкалой, деления которой нанесены в единицах конусности. Выбранное положение стола закрепляется с помощью колодок *10*, имеющихся на обоих концах нижнего стола.

Верхняя поверхность поворотного стола выполнена в виде ласточкиного хвоста, что представляет удобство для точной установки и закрепления передней и задней бабок.

Для нормальной и точной работы станка направляющие стола и станины должны быть в исправном состоянии: чистыми, без царапин и забоин. В любом положении стола прилегание направляющих поверхностей станины и стола должно быть полным. В случае шлифования больших партий деталей длиной, значительно меньшей наибольшего хода стола (для данного станка 500 *мм*), рекомендуется периодически переставлять переднюю и заднюю бабки по верхней поверхности поворотного стола.

На передней кромке верхнего стола имеется паз для установки щитка *2*, ограждающего шлифовщика от брызг охлаждающей жидкости.

Механизм ручного перемещения стола. Для продольного перемещения стола от руки служит механизм, конструкция и кинематическая схема которого показаны на рис. 85.

Маховик *1* жестко соединен с валиком *2*, на другом конце которого посажено зубчатое колесо *3*. Маховик и зубчатое колесо могут при перемещении в поперечном направлении занимать два положения. При вращении маховика в левую сторону зубчатое колесо *3* соединяется с большим зубчатым колесом блока z_7. Малое зубчатое колесо этого блока соединено с большим зубчатым колесом блока z_9. Оба блока сидят на своих осях свободно.

Малое зубчатое колесо z_{10} находится во внутреннем зацеплении с зубчатым колесом z_{12}, свободно сидящим на валике *8*, левый конец которого жестко соединен с зубчатым колесом *5*. На ступице зубчатого колеса *5* скользящей посадкой на шпонке посажена зубчатая муфта *4*, которая под действием пружины

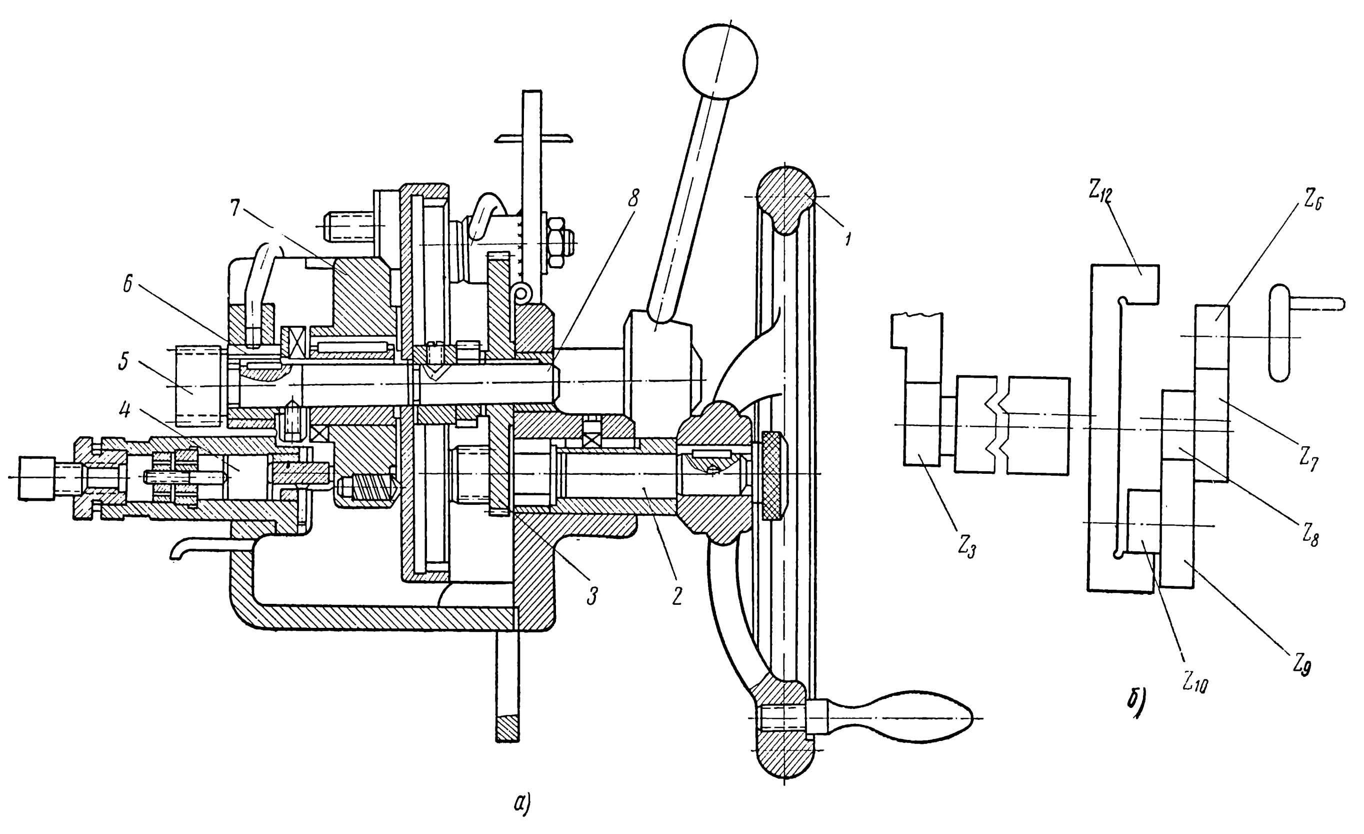


Рис. 85. Механизм ручного перемещения стола:
а — устройство, *б* — кинематическая схема

постоянно сцеплена с зубчатой муфтой *7*, жестко соединенной с валиком *8* и, следовательно, с зубчатым колесом *5*; последнее сцеплено с рейкой стола.

Таким образом, при смещении маховика к себе за один оборот маховика (при модуле $m=2$) стол переместится на величину

$$l_1=\frac{z_6\cdot z_8\cdot z_{10}}{z_7\cdot z_9\cdot z_{12}}\cdot\pi\cdot m\cdot z_3=\frac{16\cdot 23\cdot 20}{75\cdot 64\cdot 107}\cdot 3{,}14\cdot 2\cdot 16=\frac{2311}{1605}\approx 1{,}4\ \textit{мм}.$$

При вращении маховика в правую сторону зубчатое колесо z_6 соединяется непосредственно с зубчатым колесом z_{12} и на один оборот маховика стол переместится на величину

$$l_2=\frac{z_6}{z_{12}}\cdot\pi\cdot m\cdot z_3=\frac{16}{107}\cdot 3{,}14\cdot 2\cdot 16\approx 15\ \textit{мм}.$$

Механизм ручного перемещения стола действует только в том случае, если не включено гидравлическое перемещение стола. При включении гидравлического механизма масло поступает одновременно в рабочий цилиндр стола и в цилиндр плунжера, который, перемещаясь, давит на зубчатую муфту *7* и выводит ее из сцепления с муфтой *6*. Если в этом случае повернуть маховик, то при любом его положении все зубчатые колеса будут вращаться вхолостую.

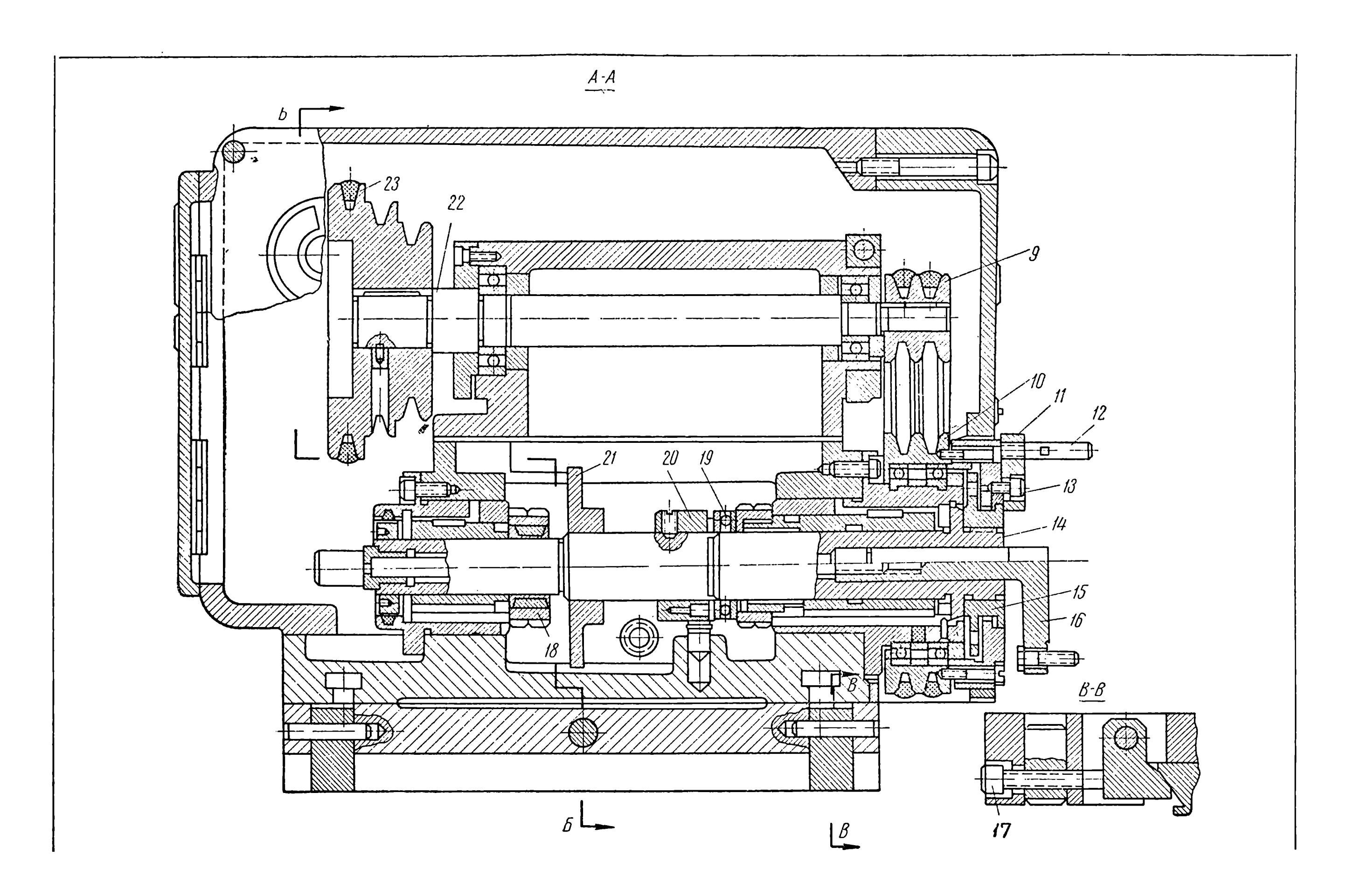
При выключении гидравлического перемещения стола автоматически восстанавливается сцепление муфт и восстанавливается возможность ручного перемещения стола.

Передняя бабка. Передняя бабка (рис. 86) осуществляет вращение (круговую подачу) детали с требуемой окружной скоростью. Она состоит из корпуса *4*, установленного с помощью центрирующей пробки *8* на плите *6*. Корпус бабки может поворачиваться на этой пробке в пределах 90° Отсчет угла поворота производится по шкале *5*. Установка корпуса на необходимый угол фиксируется винтом *7*

Для перемещения передней бабки по верхнему столу плита *6* имеет с нижней стороны направляющую поверхность формы ласточкиного хвоста; бабка закрепляется на столе двумя винтами *17*.

Привод передней бабки устроен следующим образом. На валу двухскоростного электродвигателя *2* установлен трехступенчатый шкив *1*, который посредством клиновидного ремня передает вращение шкиву *23*, закрепленному на левом конце промежуточного вала *22*. На правый конец этого вала насажен шкив *9*, который посредством двух клиновидных ремней передает вращение шкиву *10*, соединенному с планшайбой *11*.

На переднем конце шпинделя *14* неподвижно закреплена втулка *15*, которая винтом *13* может быть соединена с планшайбой. При включении электродвигателя начинает вращаться



А-А
b
23
22
9
10
11
12
13
14
15
16
21
20
19
18
В
Б
В
В-В
17

12—1944

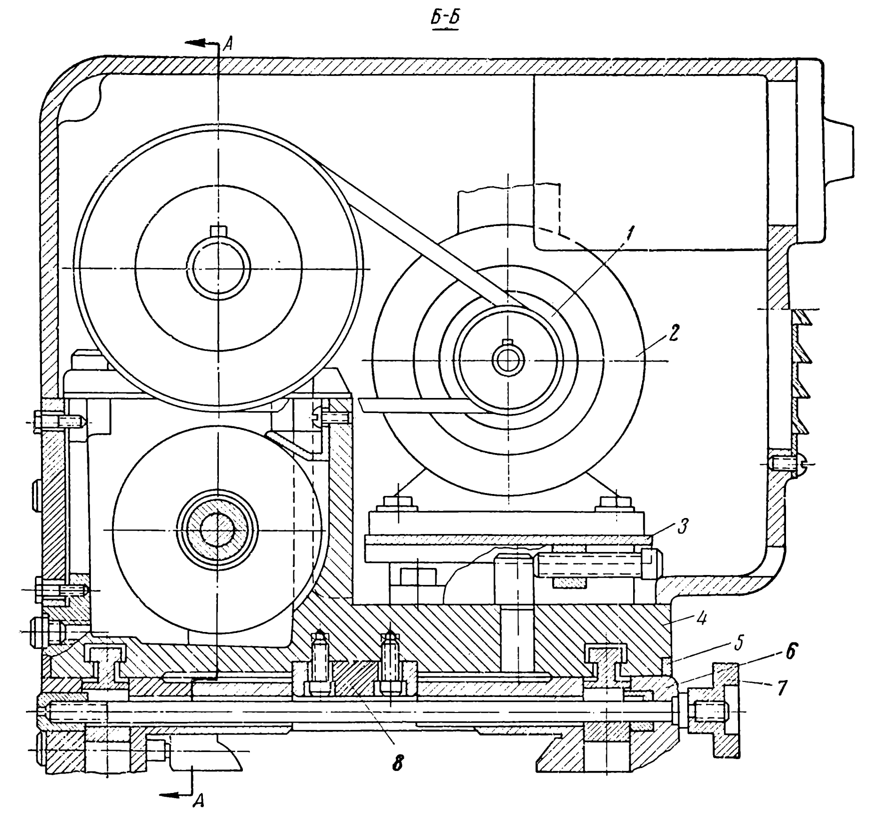


Рис. 86. Передняя бабка

шпиндель передней бабки. Такая наладка передней бабки требуется при шлифовании в патроне или цанговом зажиме.

Для крепления патрона применяется оправка *16,* которая вставляется в конусное отверстие шпинделя и затягивается винтом. Этим же винтом пользуются при зажиме детали в цанге.

В тех случаях, когда шлифование производится в центрах, вывертывают винт *13,* и втулка *15,* будучи отсоединена от планшайбы, при включении электродвигателя вращаться не будет, а вместе с втулкой остается неподвижным шпиндель с вставленным в него центром. Деталь будет получать вращение от планшайбы через штифт *12* и хомутик, закрепленный на конце шлифуемой детали.

Скорость вращения шпинделя передней бабки определяется числом оборотов электродвигателя и положением ремня на шкиве *23.* Возможные числа оборотов шпинделя в минуту: 150; 250; 300; 400; 500 и 800. Для перестановки клиновидного ремня с одной ступени на другую перемещают с помощью винта салазки *3* вместе с электродвигателем в сторону шпинделя и после освобождения ремня переставляют его на необходимую ступень; затем отводят салазки назад до создания необходимого натяга.

Шпиндель передней бабки вращается в двух регулируемых подшипниках с бронзовыми вкладышами. Регулировка продольного зазора между шпинделем и подшипниками производится гайкой *18,* которая перемещает вкладыш подшипника в нужную сторону. Благодаря наружной конусной поверхности вкладыша и соответствующей ей внутренней конусной поверхности корпуса подшипника, продольное перемещение вкладыша изменяет зазор между шейкой шпинделя и вкладышем подшипника. От продольного смещения шпиндель удерживается упорным подшипником *19* и опорной втулкой *20.*

Смазка подшипников производится с помощью диска *21,* который закреплен на шпинделе. Диск, вращаясь вместе со шпинделем, захватывает масло из резервуара в корпусе бабки и переносит его в лоток, откуда по трубкам оно подводится к местам смазки.

Задняя бабка. Задняя бабка (рис. 87) служит для поддержания правого конца детали при шлифовании в центрах. Устанавливается она на верхнем столе на определенном расстоянии от передней бабки, зависящем от длины шлифуемой детали. Крепление задней бабки производится рукояткой, сидящей на шейке *12,* посредством валика *13,* имеющего на левом конце эксцентричную шейку, и клина *14.*

В корпусе *1* задней бабки расточено отверстие под пиноль *3.* С правого конца в пиноль вставляется центр *2.* Пиноль под действием пружины *7* поджимает деталь в центрах во время шлифования. Сила сжатия пружины регулируется винтом *8,* который также служит для выталкивания центра из пиноли. Для устра-

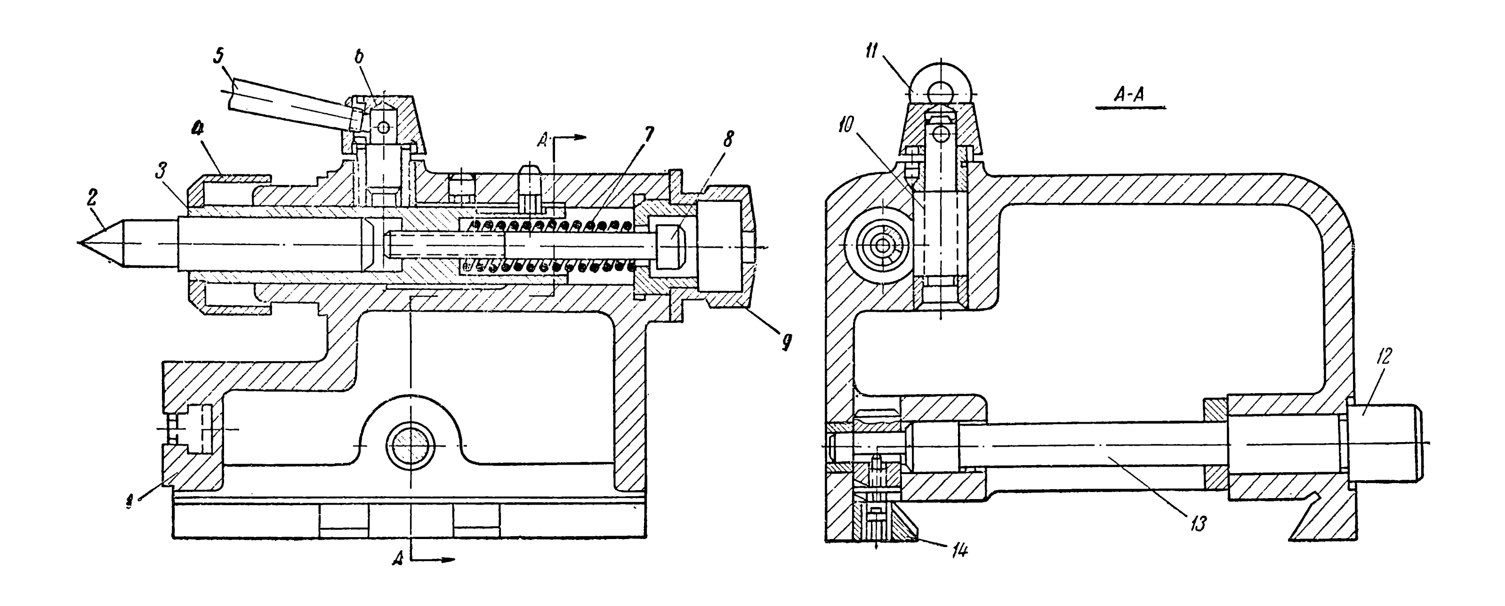


Рис. 87. Задняя бабка

нения люфта пиноли в корпусе бабки служит рукоятка *5*, закрепляющая винтом *6* положение пиноли.

При установке детали в центрах отвод заднего центра вправо осуществляется рукояткой *11* и реечной шестерней *10*, сцепленной с рейкой, нарезанной на правом конце пиноли. Наибольший ход пиноли 20 *мм*.

Наружная поверхность пиноли защищена от попадания пыли колпачком *4*, который при перемещении пиноли своей внутренней поверхностью скользит по проточенному выступу бабки. С задней стороны бабки также имеется защитный колпачок *9*.

При закреплении передней и задней бабок на верхнем столе надо тщательно протереть поверхности соприкосновения бабок и стола.

Бабка шлифовального круга. Шлифовальная бабка осуществляет главное рабочее движение, которым является вращение шпинделя с шлифовальным кругом. Электродвигатель мощностью 2,8 *квт* и скоростью вращения 3000 *об/мин* через два клиновидных ремня вращает шлифовальный круг диаметром 300 *мм* для наружного шлифования. Окружная скорость нового круга равна 39 *м/сек*, а изношенного круга диаметром до 200 *мм* — 26 *м/сек*.

Для выполнения внутришлифовальных работ шлифовальную бабку повертывают на 180°, при этом используется второй конец вала электродвигателя, и настраивают находящийся в комплекте внутришлифовальный шпиндель на требуемое число оборотов. Приложенные к станку две пары шкивов позволяют получить два числа оборотов внутришлифовального шпинделя: 8000 и 15 000 *об/мин* для шлифования отверстий диаметром от 20 до 50 *мм* (см. стр. 189).

Шпиндель шлифовальной бабки *7* (рис. 88) смонтирован на подшипниках скольжения. Осевое положение шпинделя фиксируется: с левой стороны — фланцем шпинделя, а с правой — упорным подшипником *17* Шлифовальный круг *4* устанавливается между фланцами *1* и закрепляется винтами *2*.

Фланцы с шлифовальным кругом монтируются на левый конусный конец шпинделя и закреляются центральным винтом с шайбой. Для исключения проворачивания круга фланцы посажены на шпонке. Точно таким же образом на правом конце *7* шпинделя крепится шкив *8*, который двумя клиновидными ремнями приводится во вращение электродвигателем, установленным в корпусе шлифовальной бабки.

Корпус бабки *6* имеет с нижней стороны точно обработанную поверхность, которой он устанавливается на соответствующую направляющую поверхность верхних салазок. Такая установка дает возможность поворачивать шлифовальную бабку на любой угол. Отсчет угла поворота производится по шкале *5*, закрепленной на корпусе бабки.

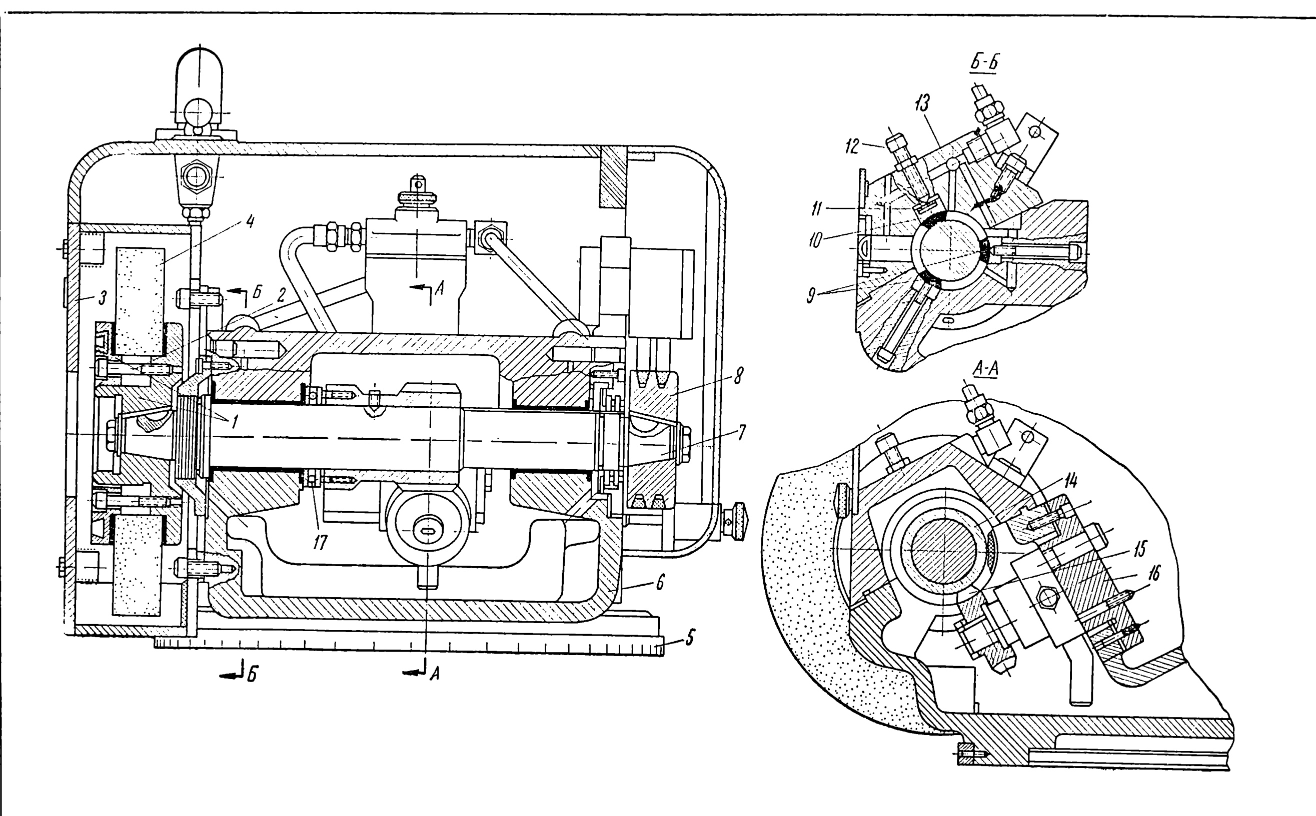


Рис. 88. Шлифовальная бабка

Установленная в необходимое положение бабка закрепляется двумя винтами, головки которых входят в круговой Т-образный паз верхних салазок.

Защитный кожух *3* изготовлен из листовой стали толщиной 7,5 *мм* и винтами привернут к корпусу шлифовальной бабки.

Подшипники шпинделя шлифовальной бабки имеют разъемную конструкцию. Каждый подшипник состоит из двух вкладышей *9,* неподвижно закрепленных в корпусе бабки, и третьего подвижного вкладыша *10.* Сила, с которой подвижный вкладыш прижимается к шейке шпинделя, регулируется винтом *12* и плоской пружиной *11.*

Неподвижные вкладыши *9* переднего и заднего подшипников расположены так, что они полностью воспринимают нагрузку от натяжения ремней и от нормальной составляющей усилия шлифования. Благодаря этому подвижные вкладыши обоих подшипников разгружены от основных усилий, возникающих в опорах, что гарантирует стабильность работы шпинделя.

Смазка подшипников шлифовальной бабки производится специальным шестеренчатым насосом *16.* Вращение шестерням насоса передается от шпинделя, в средней части которого смонтирован червяк *14,* соединенный с червячным колесом *15* вала насоса. Подаваемая насосом смазка поступает по трубкам в корпусе и крышке *13* к опорным шейкам шпинделя. Наблюдение за правильной подачей смазки производится через смотровые стекла.

Универсальные салазки. Салазки (рис. 89) предназначены для несения шлифовальной бабки. К нижней стороне верхних салазок *14* привернуты призматическая *13* и плоская *20* направляющие, которые через комплект промежуточных цилиндрических роликов опираются на соответствующие направляющие, привернутые к нижним салазкам. На нижней стороне нижних салазок имеется поворотная направляющая поверхность, которой они установлены на соответствующую поверхность основания *12.* Для отсчета угла поворота нижних салазок имеется градуированное кольцо *10,* привернутое к основанию *9.* Крепление нижних салазок к основанию производится болтами *11,* головки которых входят в Т-образный паз основания.

Универсальная конструкция салазок используется для шлифования удлиненных конусных поверхностей с углом конусности больше 15° Например, требуется прошлифовать в центрах коническую поверхность детали с углом при вершине 35° Для этого освобождают болты *11* и повертывают нижние салазки против часовой стрелки на угол $90° - \frac{35°}{2} = 72°30'$ После закрепления салазок в этом положении производят поворот шлифовальной бабки по часовой стерлке на угол 90°

В результате направление перемещения верхних салазок, а

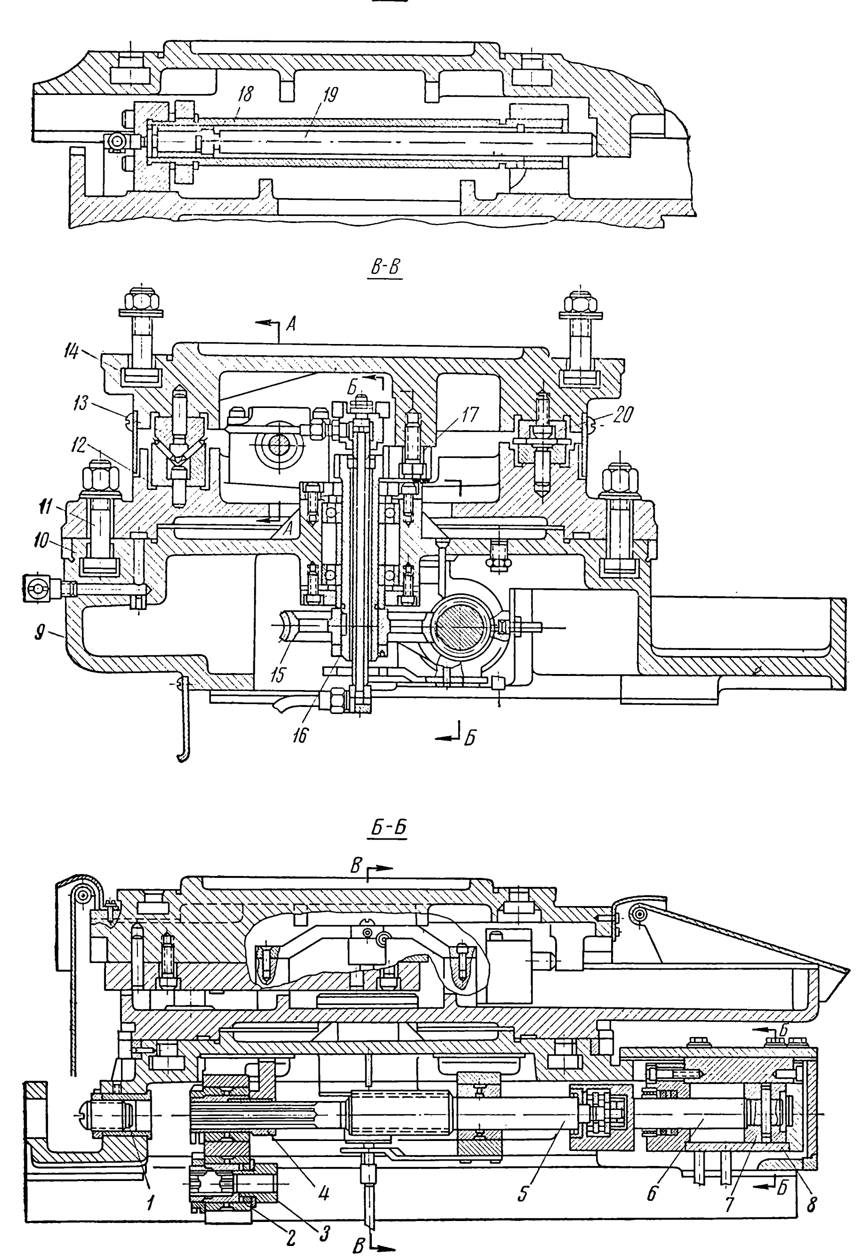


Рис. 89. Универсальные салазки

также образующая шлифовального круга окажутся параллельными образующей шлифуемой конусной поверхности; после этого шлифование производится перемещением шлифовального круга вручную маховичком поперечной подачи по всей длине обрабатываемой конусной поверхности. Поперечная подача в данном случае производится маховичком продольного перемещения стола.

Перемещение верхних салазок производится шестерней *16*, сцепленной с рейкой *17*, которая привернута к верхним салазкам. На валу шестерни *16* неподвижно закреплено червячное колесо *15*, вращение которого в зависимости от требуемого перемещения шлифовальной бабки осуществляется по-разному.

Выборка зазоров между червяком и червячным колесом *15*, а также между шестерней-валом *16* и рейкой *17* производится гидравлическим цилиндром *18* и поршнем *19*. Гидравлический цилиндр *18* соединен с нижними салазками, а поршень *19* правым концом упирается в выступ верхних салазок. Масло, поступая в левую полость цилиндра, перемещает поршень и выбирает указанные зазоры.

При включении рукоятки быстрого подвода шлифовальной бабки червячный вал *5*, связанный со штоком *6* поршня *7* гидравлического цилиндра *8*, получает под давлением поступающего в правую полость гидравлического цилиндра *8* масла продольное перемещение и, не вращаясь, а действуя, как рейка, поворачивает червячное колесо *15* и с ним шестерню-вал *16*, сцепленную с рейкой верхних салазок *17* Величина хода верхних салазок при быстром подводе определяется положением упора *1*, установленного в основании шлифовальной бабки.

Механизм поперечной подачи шлифовального круга. Поперечная подача осуществляется вращением червячного колеса *15* от червячного вала *5* (рис. 89). На шлицевом конце червячного вала *5* установлена шестерня *4*, сцепленная в шестерней *3*, которая жестко соединена с шлицевой втулкой *2*. В шлицы этой втулки входит шлицевой конец валика *8* (рис. 90) механизма поперечной подачи.

Этот валик смонтирован на шариковых подшипниках во втулке *7*, которая закреплена в плите *6*. Плита винтами *9* и двумя контрольными шпильками закреплена на передней стенке станины. На валике жестко закреплено храповое колесо *10* и свободно посажена втулка *12*, соединенная с лимбом *3*.

Втулка с лимбом после установки в необходимое угловое положение закрепляется винтом *2*, раздвигающим своим левым конусным концом три сухарика, расположенных в радиальных отверстиях на валике механизма.

На правом конце валика *8* закреплен маховик *1*, которым производится ручное перемещение шлифовальной бабки.

При включении крана масло поступает в цилиндр *14* и пере-

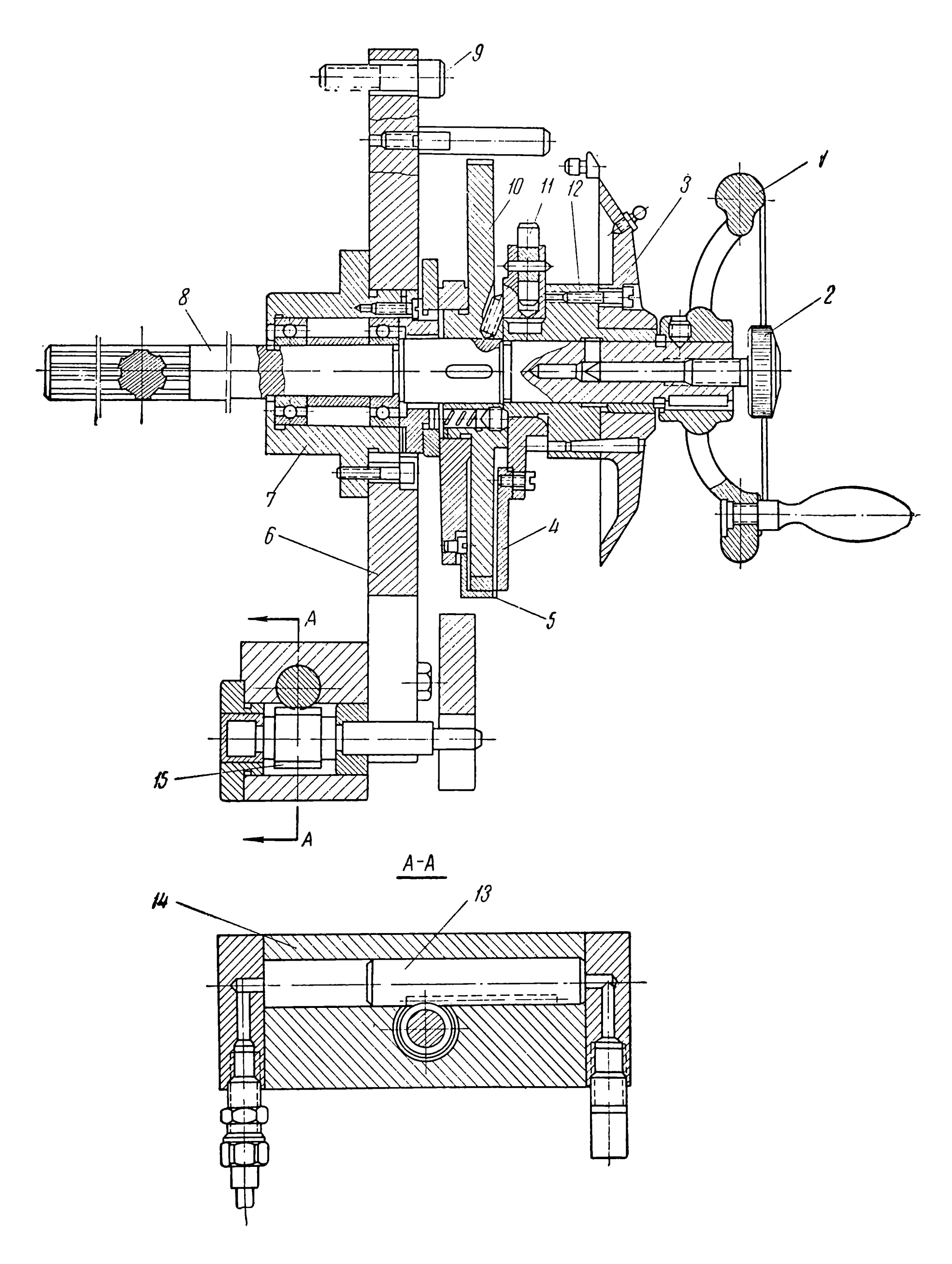


Рис. 90. Механизм поперечной подачи шлифовального круга

двигает плунжер-рейку *13*, которая поворачивает шестерню *15*, связанную с собачкой храпового колеса. При одном ходе плунжера собачка поворачивает храповое колесо на 10 зубцов, что соответствует максимальной поперечной подаче. Если требуется меньшая подача, то поворачивают щиток *5*, который перекрывает часть зубцов храпового колеса. По достижении заданного размера шлифуемой детали щиток *4*, связанный с лимбом, отводит собачку от храпового колеса и дальнейшая поперечная подача прекращается.

Ручную подачу применяют при шлифовании *по установленному лимбу* и при шлифовании *до упора*. При первом способе шлифуют пробную деталь до требуемого размера и с помощью винта *2* устанавливают лимб на нулевое деление. После этого отводят назад шлифовальную бабку на величину, несколько большую половины припуска на шлифование. В процессе шлифования следующих деталей производят подачу бабки маховичком до момента подхода нулевого деления лимба к риске указателя.

При втором способе после шлифования до окончательного размера пробной детали устанавливают втулку *12*, так чтобы жестко соединенный с ней диск с упорным штифтом *11* упирался в неподвижный ограничитель. Шлифование последующих деталей производится поворотом маховичка до упора. Постепенное уменьшение диаметра шлифовального круга необходимо компенсировать корректировкой установки лимба.

При обоих способах шлифования надо следить, чтобы не происходило смещения втулки *12* с лимбом, так как это может привести к окончательному браку.

§ 78. ГИДРОКИНЕМАТИЧЕСКАЯ СХЕМА СТАНКА 312М

У круглошлифовального станка 312М гидрофицированы следующие движения:

1) продольное движение стола;
2) автоматическая поперечная подача на каждый ход стола;
3) быстрый подвод и отвод шлифовального круга;
4) автоматическое выключение механизма ручного перемещения стола;
5) выборка зазоров в механизме поперечной подачи.

Продольное движение стола. Лопастный насос *21* (рис. 91) засасывает масло из бака и подает его через фильтр *22* к гидропанели *5*. Для защиты гидросистемы от скачков давления служит предохранительный кран *20*.

При установке крана *6* на гидропанели в положение «Пуск» и при повернутом вправо реверсивном рычаге *3* реверсивный золотник *19* будет смещен влево, масло под давлением поступит

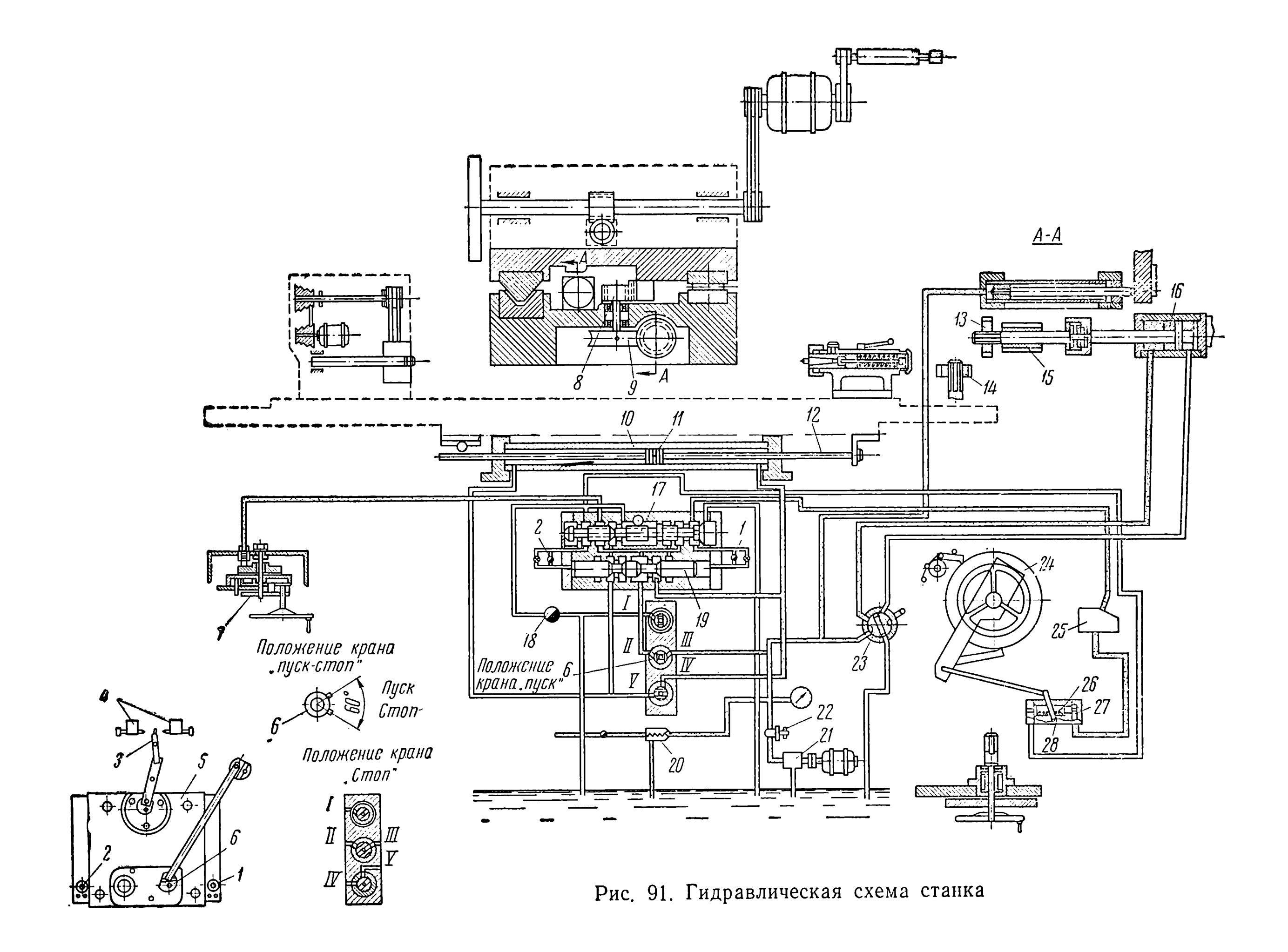


Рис. 91. Гидравлическая схема станка

в правую полость рабочего цилиндра *10* и передвинет поршень *11* влево. Шток *12* поршня связан со столом. В это время масло из левой полости рабочего цилиндра поступает к панели, подводится к дросселю *18* и уходит на слив.

Когда движущийся стол с закрепленным упором *4* сдвинет реверсивный рычаг *3* влево, управляющий золотник *17* переместится и пропустит масло в левую сторону реверсивного золотника *19*, передвинет его вправо, при этом масло проходит в левую полость рабочего цилиндра и стол начнет двигаться в обратную сторону (вправо).

Рычаг *3*, перемещающий реверсивный золотник *19* и меняющий направление хода стола, можно переключать вручную. Продолжительность времени, в течение которого происходит изменение направления движения стола, можно регулировать дросселями *1* и *2*. Скорость движения стола (продольной подачи) регулируется дросселем *18*.

Если требуется ввести в действие ручное перемещение стола, то переключают кран *6* из положения «Пуск» в положение «Стоп», при этом реверсивный золотник *19* отключается от линии нагнетания и обе полости цилиндра *10* соединяются, что дает возможность вручную перемещать стол.

Автоматическая поперечная подача стола. В конце каждого хода стола одновременно с началом поступления масла под торец реверсивного золотника *19* масло поступает также в правую (или левую) полость цилиндра *27*, при этом происходит перемещение плунжера-рейки *26*, который поворачивает шестерню *28*, связанную с кривошипно-шатунным механизмом. Поворот кривошипа сообщает двойной ход собачке храпового колеса *24*, связанного с валиком механизма поперечной подачи.

Размеры цилиндра *27* рассчитаны так, что время, в течение которого плунжер *26* совершает полный ход, не превышает времени хода реверсивного золотника *19*. Это необходимо для того, чтобы поперечная подача совершалась в тот момент, когда стол меняет направление движения.

Автоматическая поперечная подача отключается краном *25*.

Быстрый подвод и отвод шлифовального круга. От насоса масло, минуя гидропанель, направляется к золотнику *17* и оттуда в правую или левую полости цилиндра *16*, производит перемещение штока и связанного с ним червяка *15*, который, не вращаясь, а действуя как рейка, поворачивает шестерню *14* и шестерню *13*, сцепленную с рейкой салазок шлифовальной бабки. При этом происходит быстрый отвод или подвод (в зависимости от положения поворотного крана золотника *17*) шлифовального круга.

Автоматическое выключение механизма ручного перемещения стола. Механизмы ручного и гидравлического перемещения стола сблокированы, т. е. включение одного способа перемещения

автоматически приводит к выключению другого. Происходит это следующим образом. При включении краном *6* гидравлического хода стола, масло поступает под плунжер и, преодолевая действие пружины, смещает зубчатую муфту *7*, при этом происходит отключение реечной шестерни продольного хода стола от механизма ручной подачи.

При переводе крана *6* (рис. 91) в положение «Стоп» сцепление зубчатой муфты автоматически восстанавливается.

Выборка зазоров в механизме поперечной подачи. Выборка зазоров происходит под действием плунжера гидравлического цилиндра, на левый торец которого давит масло, поступающее сюда, минуя гидропанель. Давление масла на этот плунжер начинается при включении гидронасоса и кончается при его выключении.

Поперечная подача. Поперечная подача шлифовального круга осуществляется в следующем порядке.

Шестерня *14*, сидящая на валике маховика, вращает шестерню *13*, сидящую на валу червяка *15*. Червяк вращает червячное колесо *9*, закрепленное на одном валу с шестерней *8*, которая, вращаясь, передвигает рейку, а с ней салазки шлифовальной бабки.

Поперечное перемещение шлифовального круга за один оборот маховика равно:

$$l = \frac{z_{37}}{z_{36}} \quad \frac{k_{38}}{z_{30}} \cdot z_{29} \cdot \pi \cdot m,$$

где z — число зубьев соответствующей шестерни на кинематической схеме;

k_{38} — число ниток червяка;

m — модуль шестерни.

Преимуществом гидрофицированных шлифовальных станков является большая универсальность, большое количество разнообразных движений при малых габаритах гидравлических механизмов, плавное регулирование скорости рабочего или вспомогательного движения в широком диапазоне.

Недостатками гидрофицированных станков являются относительно высокая их стоимость и неизбежность утечек масла в узлах гидросистемы.

§ 79. НАЛАДКА СТАНКА 312М НА ВНУТРЕННЕЕ ШЛИФОВАНИЕ

На универсальном круглошлифовальном станке 312М корпус для крепления внутришлифовального шпинделя отлит заодно с корпусом шлифовальной бабки. При наладке станка на внутреннее шлифование поворачивают шлифовальную бабку на 180° и снимают приводной ремень наружношлифовального

шпинделя, затем устанавливают соответствующие шкивы на вал электродвигателя и на внутришлифовальный шпиндель.

К станку приложены две пары шкивов с диаметром: 1) 180 и 30 *мм* и 2) 135 и 45 *мм*. Первая пара шкивов создает скорость вращения шпинделя 15 000 *об/мин*, а вторая пара — 8000 *об/мин*. Выбор шкивов для установки зависит от диаметра шлифуемого отверстия. Например, при диаметре шлифуемого отверстия 35 *мм* диаметр шлифовального круга берется 30 *мм*.

При диаметре круга 30 *мм* и числе оборотов шпинделя в минуту $n = 15\,000$ окружная скорость круга

$$v_{кр} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{60 \cdot 1000} = \frac{3{,}14 \cdot 30 \cdot 15\,000}{60 \cdot 1000} = 22{,}5 \text{ м/сек.}$$

Такая окружная скорость обеспечивается парой шкивов диаметром 180 и 30 *мм*. Первый шкив ставится на вал электродвигателя, а второй — на шпиндель.

При внутреннем шлифовании задняя бабка не используется; она отодвигается в крайнее правое положение или совсем снимается со стола. Механизмы продольной и поперечной подачи станка при внутреннем шлифовании используются в таком же порядке, как и при наружном шлифовании.

§ 80. СИСТЕМА СМАЗКИ И ОХЛАЖДЕНИЯ СТАНКА 312М

Смазка. Направляющие стола и салазок, а также механизмы шлифовальной бабки смазываются автоматически маслом, поступающим в специальный бачок при сливе отработанного в гидроцилиндрах масла. Масло в места смазки распределяется по трубкам.

Подшипники шпинделя шлифовальной бабки смазываются смесью, состоящей из девяти частей керосина и одной части масла индустриального 20. Смесь заливается в нижнюю часть корпуса бабки. Перекачка смазочной смеси производится специальным шестеренным насосом.

Подшипники шпинделя передней бабки смазываются маслом, поступающим из лотка, куда оно подается из резервуара корпуса бабки диском, вращающимся вместе со шпинделем. При убывании масла в резервуар заливается масло индустриальное 20 до отметки маслоуказателя. Механизмы продольной и поперечной подачи смазываются маслом, стекающим по трубкам с направляющих.

Охлаждение. Бак для охлаждающей жидкости заполняется 3% раствором шлифовальной эмульсии. Каждые 2—3 недели надо менять охлаждающую жидкость и очищать бак, а также вкладной отстойник от скопившегося шлама (отстоя). Для этого бак выводится из станины и после очистки устанавливается на место и заполняется свежей охлаждающей жидкостью.

§ 81. КРУГЛОШЛИФОВАЛЬНЫЙ ПОЛУАВТОМАТ 3152

Полуавтоматический круглошлифовальный станок модели 3152 (рис. 92) производства Харьковского станкостроительного завода предназначен для врезного шлифования. Он во многом похож на универсальный круглошлифовальный станок модели 312М.

В мелкосерийном производстве полуавтомат используется для шлифования деталей с помощью ручного управления; в условиях крупносерийного и массового производства станок работает на полуавтоматическом цикле.

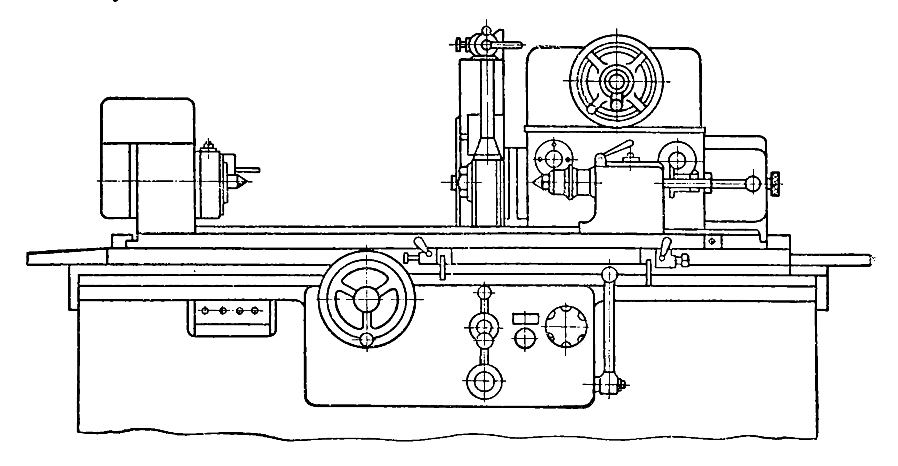


Рис. 92. Круглошлифовальный полуавтомат 3152

Полуавтоматический цикл включает в себя операции в следующей последовательности:

1) установка вручную детали в центрах и включение станка на автоматический цикл;

2) быстрый подвод шлифовальной бабки с одновременным включением вращения шпинделя изделия и пуском охлаждения;

3) черновое шлифование, в течение которого снимается 75—80% припуска;

4) переход с чернового шлифования на окончательное, в течение которого сошлифовывается оставшийся припуск при малой поперечной подаче;

5) прекращение поперечной подачи и «выхаживание»;

6) быстрый отвод шлифовальной бабки, выключение вращения шпинделя изделия и охлаждения;

7) снятие вручную обработанной детали, установка следующей.

На рис. 93 показан механизм для быстрого подвода и отвода шлифовальной бабки, а также для смены величины поперечной подачи при черновом и чистовом шлифовании.

После установки детали и включения автоматического цикла масло под давлением поступает в правую полость гидравлического цилиндра *2* и толкает шток-поршень *1* влево, который перемещает шлифовальную бабку на деталь до тех пор, пока диск *6*, установленный на правом конце штока-поршня *1*, не упрется в стакан *5*, смонтированный на штоке.

После быстрого подвода бабки начинается рабочая подача, вначале для чернового шлифования, затем для чистового. Смена величины подачи происходит следующим образом.

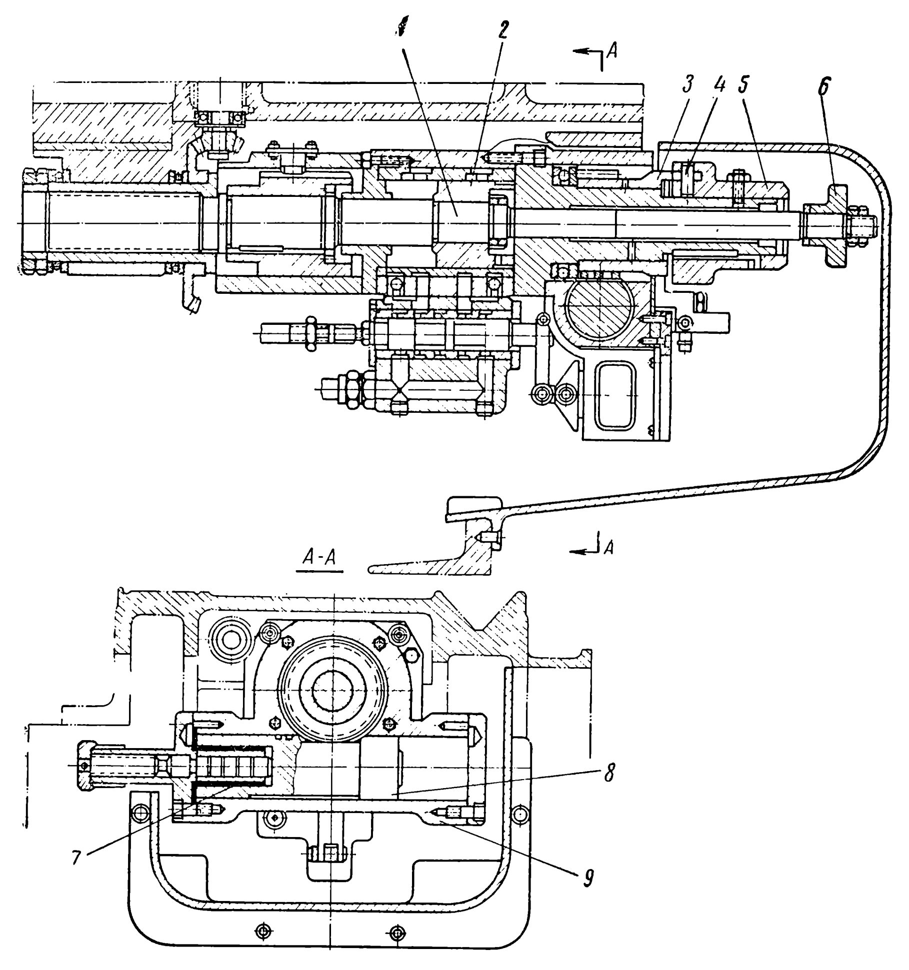


Рис. 93. Механизм быстрого подвода и отвода шлифовальной бабки

Левый торец стакана *5* посредством ролика *4*, жестко соединенного со стаканом, упирается в торец кулачка *3*. При повороте кулачка *3* относительно стакана *5* последний под действием постоянного нажима диска *6* перемещает шток-поршень *1*, а вместе с ним шлифовальную бабку на деталь со скоростью, определяемой профилем торца кулачка *3*. На более крутом участке профиля кулачка *3* происходит черновая подача, а на более пологом участке профиля — чистовая подача. Для «выхаживания» соответствующий участок рабочего профиля кулачка *3* выполнен параллельно торцу стакана *5*.

Вращение кулачка *3* осуществляется следующим образом. Перпендикулярно оси штока-поршня *1* расположен гидравлический цилиндр *9* с поршнем *8*. На штоке поршня нарезана зубчатая рейка, которая соединена с шестерней, жестко связанной с кулачком *3*.

В момент, когда заканчивается быстрое перемещение шлифовальной бабки на деталь, масло начинает поступать в правую полость гидравлического цилиндра *9* и шток поршня *8*, перемещаясь влево, вращает через шестерню кулачок *3*.

В конце «выхаживания» левый торец штока поршня *8* достигает упора *7*, направление движения масла изменяется и оно поступает в левые полости гидравлических цилиндров *2* и *9*; при этом происходит быстрый отвод шлифовальной бабки и автоматический цикл заканчивается.

В массовом производстве при наличии большого числа используемых полуавтоматических станков этой модели станки оборудуются специальными загрузочными устройствами, которые исключают ручные приемы по установке деталей в центрах и удалении прошлифованных деталей. Такие загрузочные приспособления превращают полуавтоматические станки в автоматы.

§ 82. ВНУТРИШЛИФОВАЛЬНЫЕ СТАНКИ

На внутришлифовальных станках производят шлифование цилиндрических и конических отверстий, а также торцов.

Внутреннее шлифование существенно отличается от наружного шлифования. При наружном шлифовании диаметр круга не зависит от диаметра детали и выбирается в зависимости от размеров и мощности станка, в то время как при внутреннем шлифовании шлифовальный круг входит в обрабатываемое отверстие и, следовательно, он всегда должен быть меньше этого отверстия.

При шлифовании отверстий диаметром меньше 40—50 *мм* окружная скорость шлифовального круга значительно меньше окружной скорости круга при наружном шилфовании. Так, например, при шлифовании отверстия диаметром 12 *мм* кругом

На рис. 93 показан механизм для быстрого подвода и отвода шлифовальной бабки, а также для смены величины поперечной подачи при черновом и чистовом шлифовании.

После установки детали и включения автоматического цикла масло под давлением поступает в правую полость гидравлического цилиндра *2* и толкает шток-поршень *1* влево, который перемещает шлифовальную бабку на деталь до тех пор, пока диск *6*, установленный на правом конце штока-поршня *1*, не упрется в стакан *5*, смонтированный на штоке.

После быстрого подвода бабки начинается рабочая подача, вначале для чернового шлифования, затем для чистового. Смена величины подачи происходит следующим образом.

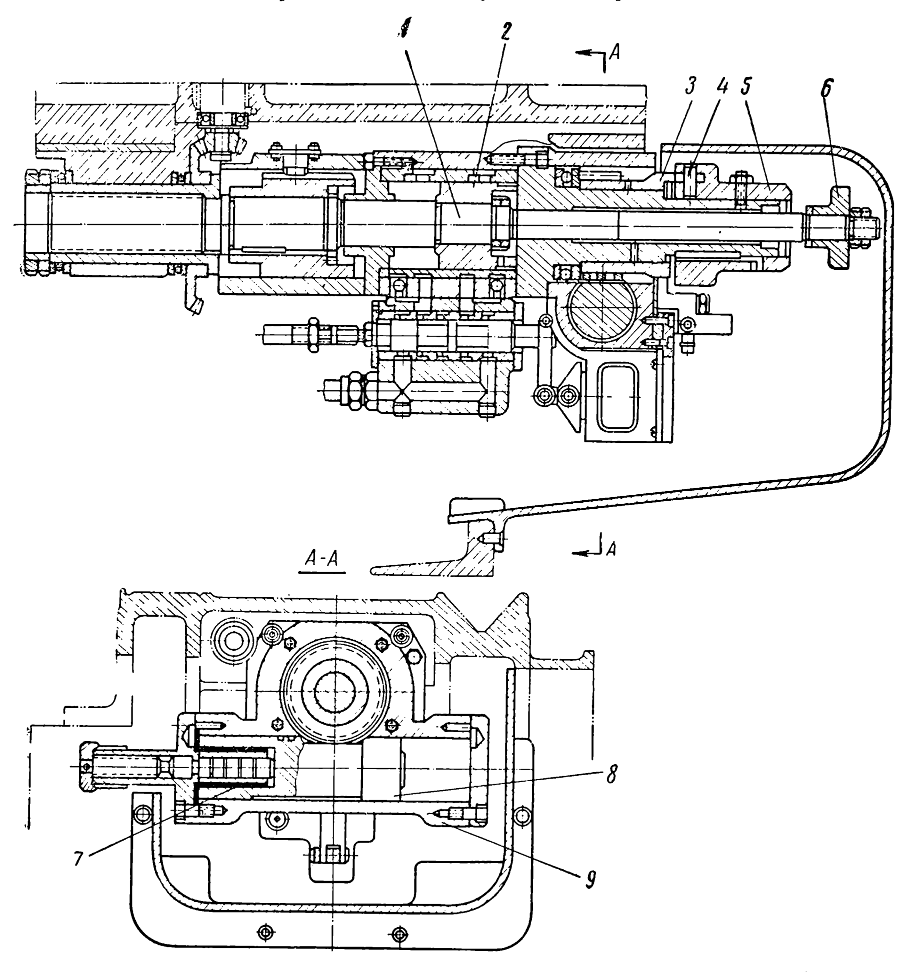


Рис. 93. Механизм быстрого подвода и отвода шлифовальной бабки

Левый торец стакана *5* посредством ролика *4*, жестко соединенного со стаканом, упирается в торец кулачка *3*. При повороте кулачка *3* относительно стакана *5* последний под действием постоянного нажима диска *6* перемещает шток-поршень *1*, а вместе с ним шлифовальную бабку на деталь со скоростью, определяемой профилем торца кулачка *3*. На более крутом участке профиля кулачка *3* происходит черновая подача, а на более пологом участке профиля — чистовая подача. Для «выхаживания» соответствующий участок рабочего профиля кулачка *3* выполнен параллельно торцу стакана *5*.

Вращение кулачка *3* осуществляется следующим образом. Перпендикулярно оси штока-поршня *1* расположен гидравлический цилиндр *9* с поршнем *8*. На штоке поршня нарезана зубчатая рейка, которая соединена с шестерней, жестко связанной с кулачком *3*.

В момент, когда заканчивается быстрое перемещение шлифовальной бабки на деталь, масло начинает поступать в правую полость гидравлического цилиндра *9* и шток поршня *8*, перемещаясь влево, вращает через шестерню кулачок *3*.

В конце «выхаживания» левый торец штока поршня *8* достигает упора *7*, направление движения масла изменяется и оно поступает в левые полости гидравлических цилиндров *2* и *9*; при этом происходит быстрый отвод шлифовальной бабки и автоматический цикл заканчивается.

В массовом производстве при наличии большого числа используемых полуавтоматических станков этой модели станки оборудуются специальными загрузочными устройствами, которые исключают ручные приемы по установке деталей в центрах и удалении прошлифованных деталей. Такие загрузочные приспособления превращают полуавтоматические станки в автоматы.

§ 82. ВНУТРИШЛИФОВАЛЬНЫЕ СТАНКИ

На внутришлифовальных станках производят шлифование цилиндрических и конических отверстий, а также торцов.

Внутреннее шлифование существенно отличается от наружного шлифования. При наружном шлифовании диаметр круга не зависит от диаметра детали и выбирается в зависимости от размеров и мощности станка, в то время как при внутреннем шлифовании шлифовальный круг входит в обрабатываемое отверстие и, следовательно, он всегда должен быть меньше этого отверстия.

При шлифовании отверстий диаметром меньше 40—50 *мм* окружная скорость шлифовального круга значительно меньше окружной скорости круга при наружном шилфовании. Так, например, при шлифовании отверстия диаметром 12 *мм* кругом

диаметром 10 *мм* при скорости вращения шпинделя 15 000 *об/мин* окружная скорость круга будет 8 *м/сек*.

Вследствие большей длины дуги контакта шлифовального круга с изделием интенсивность выделения тепла при внутреннем шлифовании больше, чем при наружном шлифовании, кроме того при внутреннем шлифовании усложняются условия охлаждения зоны шлифования жидкостью. Менее благоприятны также условия отвода стружки и пыли из зоны шлифования.

Рабочим движением при внутреннем шлифовании является вращение шпинделя шлифовального круга. Круговая подача осуществляется шпинделем передней бабки, вращающимся от отдельного электродвигателя.

Продольная подача осуществляется возвратно-поступательным движением стола станка, при этом со столом движется передняя бабка относительно неподвижной шлифовальной бабки.

В станках, предназначенных для шлифования крупных деталей, передняя бабка закреплена на станине неподвижно, а вместе со столом перемещается шлифовальная бабка.

Внутришлифовальные станки по способу приведения во вращение обрабатываемой детали делятся на станки для патронных работ, при которых деталь закрепляется на шпинделе в патроне или другом зажимном устройстве, и бесцентровые, в которых деталь устанавливается и вращается устройством, состоящим из двух опорных роликов и приводного абразивного круга.

§ 83. ВНУТРИШЛИФОВАЛЬНЫЙ СТАНОК 3250

Внутришлифовальный станок модели 3250, предназначенный для патронных работ, имеет четыре приводных электродвигателя: электродвигатель шлифовальной бабки мощностью 4,2 *квт* и скоростью вращения, достигающей 2000 *об/мин*, электродвигатель передней бабки мощностью 0,85 *квт* и скоростью вращения 960 *об/мин*, электродвигатель гидронасоса мощностью 1,2 *квт* и электродвигатель охлаждения.

Шлифовальный шпиндель в зависимости от размеров установленных сменных шкивов имеет три скорости вращения: 8000, 12 000 и 15 000 *об/мин*, а шпиндель передней бабки — четыре скорости: 128, 178, 243 и 340 *об/мин*. Гидравлическая подача стола осуществляется со скоростью 250—8000 *мм/мин*. Наибольший диаметр шлифуемого отверстия 200 *мм*, наименьший 40 *мм*.

Передняя бабка. Шпиндель передней бабки *3* (рис. 94) получает вращение от отдельного электродвигателя *4* через клиноременную передачу. На рабочем конце шпинделя устанавливается самоцентрирующий патрон *5* или пневматическое зажимное устройство. Передняя бабка во время работы закреплена.

Для шлифования конусных отверстий она повертывается на необходмый угол.

Шлифовальная бабка. На шлифовальной бабке монтируется сменный шлифовальный шпиндель *6*, который получает вращение от электродвигателя *16* через ременную передачу.

Шлифовальный круг крепится на сменной оправке, длина и диаметр которой зависят от размеров шлифуемой детали.

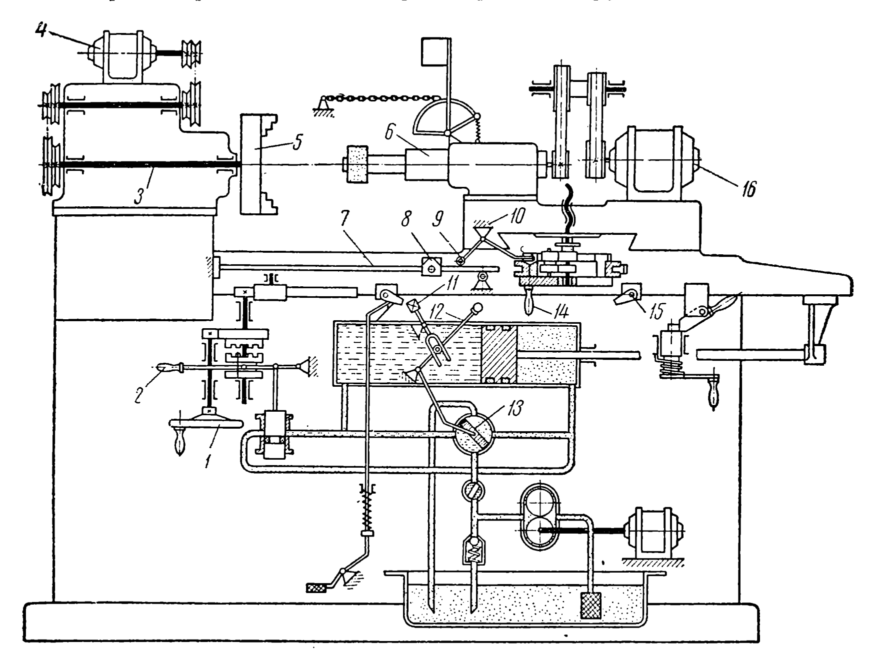


Рис. 94. Гидрокинематическая схема внутришлифовального станка 3250

Поперечная подача шлифовального круга. Поперечная подача осуществляется вручную или автоматически перемещением шлифовальной бабки по направляющей поверхности стола, имеющей форму ласточкиного хвоста и расположенной перпендикулярно направляющим станины.

Ручная подача шлифовальной бабки производится маховичком *14*, смонтированным на ходовом винте. Маховичок приводит во вращение ходовой винт поперечной подачи через планетарную передачу, расположенную внутри маховичка и имеющую передаточное отношение 1 6. Таким образом, при шаге ходового винта $t=3$ *мм* за один оборот маховичка шлифовальная бабка переместится на

$$\frac{1}{6}\cdot 3=0{,}5 \text{ мм}.$$

Автоматическая подача шлифовальной бабки производится следующим образом. На станине станка укреплена скалка *7*, по которой перемещается кулачок *8*. Этот кулачок можно установить и закрепить в любой точке скалки на нужном расстоянии от передней бабки.

На конце шлифовальной бабки вокруг оси *10* качается рычаг *9*. Во время движения стола влево вместе с шлифовальной бабкой рычаг *9*, надвигаясь на скос кулачка *8*, поворачивается и другим концом перемещает собачку, которая поворачивает храповое колесо, жестко соединенное с маховичком *14*. Храповое колесо имеет 250 зубцов.

Механизм поворота собачки может быть так настроен, что при каждой встрече рычага *9* с кулачком *8* (а это происходит за каждый двойной ход стола) собачка поворачивает храповое колесо на требуемое число зубцов (от 1 до 6).

Таким образом, на каждый двойной ход стола автоматическая поперечная подача (глубина шлифования)

$$t=\frac{a}{z}\quad\frac{1}{6}\cdot s_{х.в},$$

где a — число зубцов, захватываемых собачкой;
z — число зубцов храпового колеса;
$s_{х.в}$ — шаг ходового винта шлифовальной бабки.

При данных, приведенных выше,

$$t=a\frac{3}{250\cdot6}\ мм=0{,}002\cdot a\ мм.$$

Минимальная подача на двойной ход стола при $a=6$

$t_{мин}=0{,}002$ *мм*, а максимальная $t_{макс}=0{,}012$ *мм*.

Продольная подача. Продольное возвратно-поступательное движение стола с шлифовальной бабкой осуществляется гидравлическим поршнем. В Т-образном пазу стола закрепляются два кулачка *15*, расположение которых зависит от положения и длины шлифуемой поверхности.

При движении стола один из кулачков, встречаясь с рычагом *11*, переводит его и этим переключает золотник *13*. Переключение золотника изменяет направление движения масла в цилиндре и, следовательно, направление движения стола.

Изменение направления движения стола вручную производится рычагом *12*, который связан с золотником *13*. Во время наладки станка стол перемещают вручную маховичком *1*, который через зубчатую передачу приводит во вращение реечную шестерню. Реечная шестерня сцеплена с рейкой, жестко соединенной со столом.

Для включения ручного перемещения стола рычагом *2* соединяют зубчатую муфту. Одновременно перемещается порше-

нек, который соединяет правую и левую стороны полости гидравлического цилиндра, после чего возможно перемещать стол вручную.

§ 84. БЕСЦЕНТРОВОЕ ШЛИФОВАНИЕ

В настоящее время при шлифовании большого количества одинаковых деталей широко применяются бесцентровые круглошлифовальные станки. Эти станки обладают высокой производительностью благодаря резкому снижению вспомогательного времени (не более 2÷3% машинного времени), дают возможность обрабатывать детали с уменьшенным припуском и очень малого диаметра. Бесцентровошлифовальные станки просты в обслуживании.

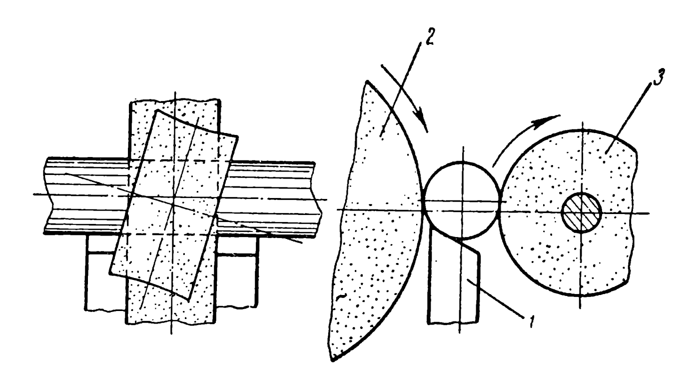


Рис. 95. Схема бесцентрового шлифования

В процессе шлифования на бесцентровошлифовальном станке шлифуемая деталь проходит между двумя абразивными кругами *2* и *3* (рис. 95) и опирается на нож *1*. Круг *3* является ведущим и вращается с окружной скоростью 10—50 *м/сек*. Шлифование производится кругом *2*, который вращается с окружной скоростью 30—40 *м/сек*.

Цилиндрические детали с одним диаметром или ступенчатые детали, у которых шлифуется больший диаметр, шлифуются способом на проход. Шлифование среднего или малого диаметра ступенчатых деталей производится методом врезания.

При бесцентровом шлифовании способом «на проход» ведущий круг сообщает изделию, помимо круговой, также продольную подачу, для этого ось ведущего круга устанавливается под углом к оси шлифовального круга. Чем больше величина угла наклона, тем больше продольная подача. Опорная поверхность ножа устанавливается параллельно оси шлифовального круга.

В вертикальном направлении нож должен обеспечить расположение оси шлифуемой детали на 0,15÷0,2 ее диаметра выше линии центров шлифовального и ведущего кругов.

При бесцентровом шлифовании ступенчатых деталей способом врезания ведущий круг устанавливается параллельно шлифовальному. На бесцентровошлифовальных станках нельзя шлифовать детали с продольным пазом.

Бесцентровошлифовальные станки широко применяются также для шлифования отверстий деталей с предварительно отшлифованными наружными поверхностями.

§ 85. БЕСЦЕНТРОВОШЛИФОВАЛЬНЫЙ СТАНОК 3180

Бесцентровошлифовальный станок модели 3180 производства Московского завода внутришлифовальных станков предназначен для шлифования цилиндрических, конических и профильных поверхностей деталей диаметром от 5 до 75 *мм*. Кинематическая схема станка показана на рис. 96.

Шпиндель шлифовального круга *3* получает вращение от электродвигателя *5* мощностью 13 *квт* через многоручейную клиноременную передачу со шкивами *1* и *8*. Для правки шлифовального круга служит смонтированное на шлифовальной бабке устройство *10*.

В варианте станка с механическим приводом ведущего круга вращение круга осуществляется электродвигателем *18* через цепную передачу *17*, пару сменных шестерен *16* и червячную передачу *15*. Сменные шестерни обеспечивают получение восьми ступеней чисел оборотов ведущего круга: от 13 до 94 *об/мин*. Для правки ведущего круга служит пара винтовых колес *14*, которые сообщают ведущему кругу необходимую при правке скорость (225 *об/мин*).

В варианте станка с гидравлическим приводом ведущего круга используют отдельный электродвигатель *4* и шестеренный насос. Насос направляет масло в гидродвигатель *2* под давлением, которое регулируется клапаном высокого давления *7* Гидродвигатель обеспечивает плавное изменение скорости вращения ведущего круга от 25 до 225 *об/мин*, что охватывает диапазон рабочих скоростей (25—100 *об/мин*), а также скорость при правке (225 *об/мин*).

Слив масла из системы гидропривода ведущего круга направляется для смазки и охлаждения подшипников шлифовального круга, а также к гидроцилиндру *9* устройства для правки шлифовального круга. Давление потока масла регулируется клапаном *6*. Правка ведущего круга производится маховиком *12* правильного устройства *11*.

Бесцентровошлифовальный станок 3180 можно оснастить за-

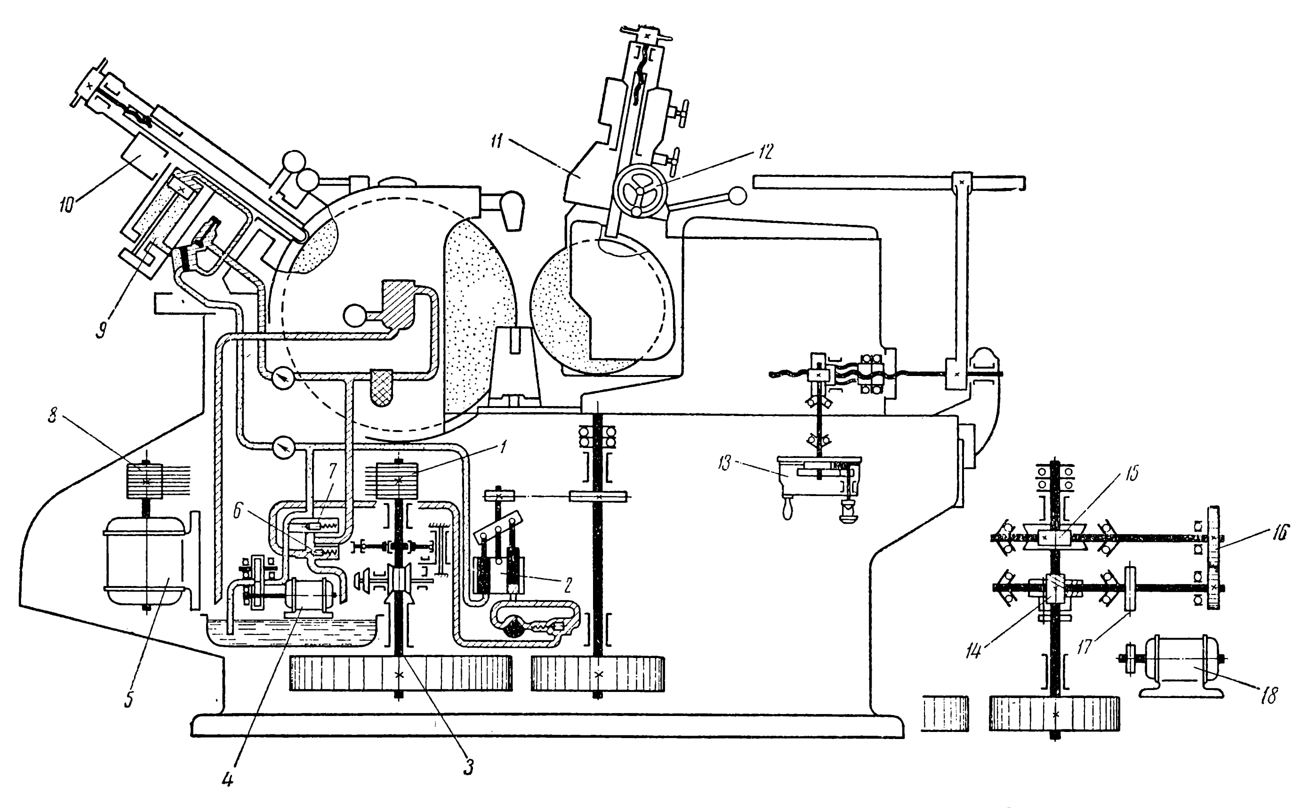


Рис. 96. Кинематическая схема бесцентровошлифовального станка 3180

грузочным приспособлением, и тогда он будет работать как автомат. При автоматическом цикле шлифования необходимо периодически проверять диаметр шлифуемой детали, который с износом шлифовального и ведущего кругов будет постепенно увеличиваться. Когда фактический диаметр детали выходит из допуска, бабку ведущего круга продвигают к шлифовальному кругу на величину, обеспечивающую получение необходимого диаметра детали.

Перемещение бабки ведущего круга в процессе наладки станка, а также в процессе ручной поперечной подачи производят маховичком *13* через зубчатую и винтовую пару.

В настоящее время находят применение различные устройства, автоматически налаживающие станок на необходимый размер шлифуемой детали. Такие устройства называют *автоподналадчиками.* Основным элементом автоподналадчика является измерительный прибор — датчик, который в процессе работы станка непрерывно держит под контролем фактический диаметр шлифуемой детали и при необходимости автоматически включает и выключает механизм подачи бабки ведущего круга.

§ 86. ПАСПОРТ СТАНКА

Назначение и содержание паспорта. Паспорт станка содержит основные сведения, необходимые для правильного и производительного использования станка. В паспорте указаны предельные размеры обрабатываемых поверхностей, степень точности, которую можно достигнуть при правильной эксплуатации станка, в паспорте приведены данные о скоростях шпинделей и перемещающихся узлов, характеристика зубчатых колес, червяков, червячных колес, реек, винтов, гаек и храповых колес, установленных на станке или приложенных к нему в качестве запасных деталей.

В паспорте приводятся кинематическая схема станка и схема его общего вида со спецификацией органов управления станком.

Детальное знакомство с содержанием паспорта своего станка обязательно для каждого рабочего. Сведения, приведенные в паспорте, требуются также мастеру и технологу для контроля за правильным использованием станка.

Использование данных паспорта для установления режима резания. Установим режимы резания для чернового шлифования валика диаметром 50 *мм* и длиной 320 *мм.*

Выберем предварительные значения параметров режима резания: окружная скорость круга $v_{кр}=30$ *м/сек,* окружная скорость детали $v_{д}=35$ *м/мин,* продольная подача $s=0{,}8H$, поперечная подача $t=0{,}015$ *мм* на ход стола.

Исходя из данных паспорта, определим окончательное значение параметров режима резания.

1. При числе оборотов шпинделя шлифовального круга $n_{кр}=2500$ *об/мин* и требуемой скорости круга $v_{кр}=30$ *м/сек* диаметр шлифовального круга D определяется следующим образом:

$$v_{кр} = \frac{\pi D \cdot n_{кр}}{60 \cdot 1000},$$

или

$$30 = \frac{3{,}14 \cdot D \cdot 2500}{60 \cdot 1000}$$

откуда

$$D = \frac{30 \cdot 60 \cdot 1000}{3{,}14 \cdot 2500} = 230 \text{ мм.}$$

При круге диаметром 250 *мм*

$$v_{кр} = \frac{3{,}14 \cdot 250 \cdot 2500}{60 \cdot 1000} = 32 \text{ м/сек.}$$

Полученная величина окружной скорости круга мало отличается от заданной, поэтому принимаем эту скорость как окончательную.

2. При $v_д=35$ *м/мин* и диаметре детали $d=50$ *мм* число оборотов шпинделя изделия определяется в следующем порядке:

$$v_д = \frac{\pi D \cdot n_д}{1000}$$

или

$$35 = \frac{3{,}14 \cdot 50 \cdot n_д}{1000}$$

откуда число оборотов детали

$$n_д = \frac{35 \cdot 1000}{3{,}14 \cdot 50} = 223 \text{ об/мин.}$$

По паспорту находим ближайшее значение числа оборотов детали: $n_д=250$ *об/мин.* При таком числе оборотов окружная скорость детали

$$v_д = \frac{\pi \cdot d \cdot n_д}{1000} = \frac{3{,}14 \cdot 50 \cdot 250}{1000} = 39 \text{ м/мин.}$$

Полученное значение скорости детали заметно отличается от предварительно выбранного, но его придется принять за окончательное, так как при ближайшем значении по паспорту $n_д=150$ *об/мин* отклонение еще больше.

3. Продольная подача при ширине круга $H=40$ *мм* будет $s=0{,}8H=0{,}8 \cdot 40=32$ *мм.* При длине валика 320 *мм* круг будет

делать один проход за 10 оборотов валика. При числе оборотов детали $n_д = 250$ *об/мин* на 10 оборотов потребуется

$$\frac{10}{250} = 0{,}04 \text{ мин.}$$

Откуда требуемая скорость стола

$$v_{ст} = \frac{320}{0{,}04 \cdot 1000} = 8 \; м/мин.$$

По паспорту максимальная скорость хода стола $v_{ст}$ равна 6 *м/мин*, следовательно, подача в $0{,}8H$ неосуществима. Определим значение подачи в долях ширины круга при $v_{ст} = 6$ *м/мин.*

Обозначим искомую долю ширины круга через X, тогда путь стола (в *мм/мин*) выразится в следующем виде:

$$6000 = X \cdot H \cdot n_д \,,$$

откуда

$$X = \frac{6000}{H \cdot n_д} = \frac{6000}{40 \cdot 250} = 0{,}6.$$

4. Принимаем поперечную подачу в 0,015 *мм* на ход стола. Для этого надо установить рукоятку *13* на число захватываемых собачкой зубьев храпового колеса:

$$z = \frac{0{,}015}{0{,}0025} = 6.$$

Таким образом, фактическое значение параметров режима резания будет:

$$v_{кр} = 32 \; м/сек; \quad v_д = 39 \; м/мин; \quad s = 0{,}6H;$$
$$t = 0{,}015 \; мм \text{ на ход стола.}$$

§ 87. ТОЧНОСТЬ РАБОТЫ ШЛИФОВАЛЬНОГО СТАНКА

Проверка станка на точность. Точность шлифовального станка имеет большое влияние на точность обрабатываемой детали. Проверка точности работы станка производится в нерабочем состоянии (статическое испытание) и в работе (динамическое испытание).

При статическом испытании шлифовальных станков проверяется:

1) плотность прилегания направляющих поверхностей стола и станины;

2) горизонтальность стола в продольном и поперечном направлениях;

3) прямолинейность направляющих станины и направляющих для установки передней и задней бабок;

4) осевое биение отверстия шпинделя передней бабки и конуса шпинделя шлифовальной бабки;

5) параллельность оси шпинделя передней бабки и оси пиноли задней бабки направлению движения стола;

6) равенство высоты над столом осей отверстий в шпинделе передней бабки и пиноли задней бабки.

Проверка на плотность прилегания производится специальными мерными пластинками — щупами. Прилегание считается удовлетворительным, если пластинка толщиной 0,03 *мм* не входит в места контакта направляющих стола и станины.

Проверка на горизонтальность в продольном и поперечном направлениях, а также прямолинейность направляющих производится уровнем. Непрямолинейность направляющих станины не должна превышать 0,02 *мм* на 1000 *мм* длины стола. Волнистость допускается не больше ±0,01 *мм*.

Осевые биения отверстия шпинделя передней бабки и конуса шпинделя шлифовальной бабки проверяют индикатором. Допускаемое биение не более 0,01 *мм*.

Параллельность оси шпинделя передней бабки направлению движения стола проверяют с помощью контрольной цилиндрической оправки длиной около 300 *мм*, имеющей конусный хвостовик, которым она плотно вставляется в отверстие шпинделя, и индикатора. Индикатор закрепляют на шлифовальной бабке, так чтобы наконечник касался верхней и затем боковой образующих оправки. При перемещении стола стрелка индикатора не должна отклоняться больше 0,01 *мм* на всю длину оправки.

Совпадение по высоте переднего и заднего центров контролируют специальной контрольной центровой оправкой, которую вставляют в центра и проверяют на параллельность индикатором.

Помимо перечисленных показателей, статический контроль включает еще некоторые другие проверки, которые производятся такими же способами с использованием тех же инструментов.

Испытание шлифовального станка в работе состоит в шлифовании контрольной детали, которая после шлифования тщательно проверяется на овальность, прямолинейность образующей и на чистоту обработанной поверхности.

§ 88. ПРАВИЛА УХОДА ЗА СТАНКОМ

Точность работы станка, его производительность, а также срок службы в большой мере зависят от правильного ухода за ним.

До начала работы необходимо вытереть смазку со стола и других непокрытых защитной краской частей станка, а по окончании работы протереть и снова смазать их.

При установке передней и задней бабок необходимо тщательно протереть их направляющие поверхности и следить, чтобы на них не было забоин. По маслоуказателям проверяют наличие масла или смазочной смеси, затем заливают масло во все масленки и смазочные отверстия.

При установке поворотного стола на заданный угол надо не забывать закреплять винты после окочательной установки стола.

Для предупреждения буксования шкивов следует проверить натяжение всех ремней и там, где необходимо, восстановить необходимый натяг.

Во время работы необходимо следить за температурой подшипников шпинделя шлифовальной бабки. Нагрев подшипников не должен превышать 50—60° Причиной нагрева может быть излишняя затяжка подшипников, недостаточная их смазка или неправильно выбранный режим шлифования.

Нельзя допускать вибрацию в узлах станка. Причиной вибрации может быть плохая балансировка шлифовального круга, увеличенный зазор в подшипниках шлифовального шпинделя, неисправность ременной передачи.

Глава XI

РАБОТА НА ШЛИФОВАЛЬНЫХ СТАНКАХ

§ 89. ПОНЯТИЕ О ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ

Детали, поступающие на шлифование, проходят предварительную обработку в заготовительном и механических цехах (ковка, обточка, фрезерование, термообработка и т. п.). Виды обработки деталей определяются технологическим процессом.

Технологический процесс обработки детали — это совокупность действий, связанных с изменением формы или свойств материала обрабатываемой детали, начиная с момента поступления заготовки в обработку до получения готовой детали.

Элементы технологического процесса. Технологический процесс состоит из отдельных операций.

Операцией называется законченная часть технологического процесса обработки детали, выполняемая на одном рабочем месте и охватывающая все действия рабочего и станка до перехода к обработке следующей детали. Операция является основным элементом при разработке калькуляции технологического процесса. Она может выполняться с одного или нескольких установов детали на станке.

Во время выполнения данной операции может измениться один или несколько факторов режима резания, могут поочередно меняться инструменты или обрабатываемая поверхность. В таком случае операция будет состоять из нескольких переходов.

Переход — это часть операции, выполняемой при неизменном режиме резания, неизменным инструментом, на одной поверхности.

При обработке одной поверхности бывает необходимо снять с нее несколько слоев металла при неизменном инструменте и режиме резания. В этом случае переход будет состоять из нескольких проходов.

Проход — это часть перехода, связанная со снятием одного слоя металла при неизменных инструменте и режиме резания.

Припуски. *Припуском* на обработку называется слой металла, подлежащий удалению с заготовки для получения готовой детали. Общий припуск раскладывается на *межоперационные припуски,* т. е. на припуски, снимаемые в процессе различных видов обработки. Для каждого вида обработки назначается определенная величина припуска, которая также зависит от размера детали (табл. 13).

Таблица 13

Межоперационные припуски на шлифование валов

Характер детали	Интервалы длин валов, *мм*		
Сырые гладкие.	До 800	800—1200	1200—2000
Сырые ступенчатые	До 400	400—800	800—1500
Закаливаемые	До 200	200—500	Свыше 500
Для бесцентрового шлифования	До 200	Свыше 200	—
Интервалы диаметров, *мм*:	Припуск в *мм* на диаметр		
До 10	0,25	0,30	—
Свыше 10 до 18	0,30	0,35	0,45
18 30	0,35	0,40	0,55
30 50	0,40	0,50	0.65
50 80	0.50	0,60	0,75
80 120	0,60	0,70	0,85
120 180	0,65	0,80	1,00
180 260	—	0,90	1,10

Например, припуск на шлифование вала диаметром 30 *мм* и длиной 200 *мм* после грубой обработки на предыдущей операции назначают 0,35—0,45 *мм* на диаметр.

Для этой же детали припуск на шлифование после точной предварительной обработки уменьшают примерно до 0,3—0,35 *мм* на диаметр. Последовательный съем припуска при шлифовании обычно распределяется так, чтобы при черновом шлифовании снималось 0,9—0,8% припуска, а остальная часть при чистовом шлифовании.

Понятие о базах. Те поверхности, которые используются для установки обрабатываемой детали относительно режущего инструмента на станке, называются *базовыми поверхностями* или сокращенно *базами.* Так, базовыми поверхностями при шлифовании валика в центрах служат его центровые отверстия на торцах. Базовой поверхностью внутреннего кольца шарикоподшипника, шлифуемого на оправке, является его внутренний диаметр, которым оно надевается на оправку.

Базовые поверхности делятся на основные и вспомогательные.

Основными базовыми поверхностями называют такие поверхности, которые используются как для установки деталей во время обработки, так и для соединения их при сборке с другими деталями. Примером основной базовой поверхности является внутренний диаметр шарикоподшипникового кольца.

Вспомогательными базовыми поверхностями называют такие поверхности, которые используются только для установки при обработке детали, а при сборке не сопрягаются с другими деталями. Примером вспомогательных базовых поверхностей являются центровые отверстия валика.

Выбор базы имеет важное значение. Самое лучшее решение этого вопроса достигается в том случае, когда выбранная база остается постоянной для всех операций, включая контрольные.

Дисциплина в технологическом процессе. Установленный и утвержденный технологический процесс является законом производства. Нарушение технологической дисциплины недопустимо, так как оно приводит к снижению качества выпускаемой продукции.

Но вместе с тем, очень часто встречаются случаи, когда рабочий, выполняющий длительное время обработку той или иной детали, может подсказать полезное изменение в технологическом процессе. Для этого нужно изложить на специальном бланке рационализаторского предложения сущность предлагаемого изменения. Каждое такое предложение без промедления рассматривается на заводе компетентными лицами, и в случае обоснованности внесенного предложения оно принимается к внедрению.

На основе этого предложения в процессе экспериментальных работ устанавливаются необходимые изменения технологического процесса, и после осуществления этих изменений автору выплачивается вознаграждение в зависимости от полученной экономии.

В Советском Союзе инициатива рабочих-рационализаторов всемерно поощряется, и для организации этого дела на каждом предприятии существует специальное бюро рабочего изобретательства (БРИЗ), а также организовано Всесоюзное общество изобретателей и рационализаторов (ВОИР).

Технологическая документация. Технологическая документация включает *технологические карты* и все документы, перечисленные в них, а именно: эскизы и чертежи операций (если они выполнены на отдельных листах), чертежи приспособлений, специального режущего и измерительного инструмента.

Форма и содержание технологических карт зависит от масштаба производства. В единичном производстве, т. е. в таком производстве, где детали делаются по одной или несколько штук, для процессов механической обработки обычно составляется лишь *сводная карта механической обработки.*

Такая карта содержит последовательный перечень операций обработки детали с указанием (приближенно) штучного и подготовительно-заключительного времени.

В серийном производстве, т. е. в таком производстве, где детали изготовляются партиями, кроме сводной карты обработки, на ответственные детали заполняют карты механической обработки, в которые заносятся режимы резания на всех переходах и расчетное время по всем элементам.

В массовом производстве на все детали, а в крупносерийном производстве на ответственные детали составляют *операционные карты*. Все записи в операционной карте относятся только к одной операции и поэтому они более подробны. В массовом производстве для деталей, обрабатываемых на автоматических станках, составляют, кроме того, *карты наладки станка*.

Сводная карта механической обработки является основным технологическим документом механического цеха при всех типах производства, определяющим порядок прохождения детали.

Сводной технологической картой в основном пользуются мастер и технолог. Рабочему чаще всего приходится пользоваться операционной картой. Из нее он узнает, на какие режимы резания следует настроить станок, какой установочный, режущий и измерительный инструмент ему нужно взять из кладовой, а также порядок ведения работы по установам и переходам.

§ 90. ВЫБОР АБРАЗИВНОГО ИНСТРУМЕНТА

Приступая к шлифованию, нужно прежде всего правильно выбрать шлифовальный круг в соответствии с выполняемой работой. Круг должен обеспечивать необходимое качество обработанной поверхности между правками при максимальном количестве снимаемого металла. Рекомендации для выбора круга даны в табл. 14.

Абразивный материал. Свойство материала шлифуемой детали имеет первостепенное значение при выборе абразивного материала круга.

Для шлифования материалов с большим сопротивлением разрыву, например углеродистой легированной и быстрорежущей сталей, отожженного ковкого чугуна, вязкой бронзы необходимо пользоваться корундовыми кругами.

Для шлифования твердых и хрупких материалов с небольшим сопротивлением разрыву, например серого и отбеленного чугуна, латуни, алюминия, твердых сплавов и др., применяют карборундовые круги.

Зернистость. На обдирочных операциях используют крупнозернистые круги, которые более производительны; окончательное шлифование производится мелкозернистыми кругами.

Таблица 14

Выбор характеристики шлифовального круга для шлифования различных металлов и сплавов

Обрабатываемый материал	Характер обработки	Круглое шлифование			Связка	Фасонное шлифование			Связка
		Материал	Зерн	Твердость		Материал	Зерно	Твердость	
Сталь углеродистая незакаленная	Предварительная	Э	24—36	С1—С2	К	Э	36	С1—С2	К
	Комбинированная	Э	46	С1—С2	К	Э	46—60	С1—С2	К
	Чистовая	Э	60	С1—СМ2	К	Э	60—80	С1—СМ2	К
Сталь углеродистая закаленная	Предварительная	Э	36	С1—С2	К	Э	36	С1—СМ2	К
	Комбинированная	Э	46—60	С1—СМ2	К	Э	46—60	С1—С2	К
	Чистовая	Э	60—80	СМ1—СМ2	К	Э	60—80	СМ1—СМ2	К
Сталь быстрорежущая незакаленная	Предварительная	Э	36—46	С1—СМ2	К	Э	36—46	С1—СМ2	К
	Комбинированная	Э	46	С1—СМ2	К	Э	46	С1—СМ2	К
	Чистовая	Э	60	С1—СМ2	К	Э	60	С1—СМ2	К
Сталь быстрорежущая закаленная	Предварительная	ЭБ	36—46	СМ1—СМ2	К	ЭБ	36—46	С1—СМ2	К
	Комбинированная	Э	46	СМ1—СМ2	К	Э	60	СМ1—СМ2	К
	Чистовая	ЭБ	46—60	СМ2—М3	К	ЭБ	60—80	СМ2—М3	К
Сталь марганцовистая	Предварительная	Э	36	СТ1—С1	К	Э	36	СТ1—С1	К
	Комбинированная	Э	46	СТ1—С1	К	Э	46	СТ1—С1	К
	Чистовая	Э	60	СТ1—С1	К	Э	60	СТ1—С1	К
Сталь титанистая	Предварительная	Э	36	СТ1—С1	К	Э	36	СТ1—С1	К
	Комбинированная	Э	46	С1—С2	К	Э	46	С1—С2	К
	Чистовая	Э	60	С1—СМ2	К	Э	60	С1—СМ2	К
Сталь хромоникелевая незакаленная	Предварительная	Э	24—36	С1—С2	К	Э	24—36	С1—С2	К
	Комбинированная	Э	46	С1—С2	К	Э	46	С1—С2	К
	Чистовая	Э	60	С1—СМ2	К	Э	60	С1—СМ2	К

Продолжение табл. 14

Обрабатываемый материал	Характер обработки	Круглое шлифование			Связка	Фасонное шлифование			Связка
		Материал	Зерно	Твердость		Материал	Зерно	Твердость	
Сталь хромоникелевая закаленная	Предварительная	Э	46	С1—С2	К	Э	46	С1—С2	К
	Комбинированная	Э	60	С1—С2	К	Э	60	С2—СМ2	К
	Чистовая	Э	60—80	С1—СМ2	К	Э	80	С2—СМ2	К
Сталь хромоникелевая цементированная	Предварительная	Э	46	С1—С2	К	Э	46	С1—С2	К
	Комбинированная	Э	60	С1—С2	К	Э	60	С1—С2	К
	Чистовая	Э	80	С1—СМ2	К	Э	80	СМ2—М3	К
Твердые сплавы	Предварительная	КЧ	60	СМ1—М3	К	КЧ	46	СМ1	К
	Комбинированная	КЗ	60	СМ1—М3	К	КЗ	60	СМ1—С3	К
	Чистовая	КЗ	80—100	С2—М3	К	КЗ	80—100	М3	К
Чугун	Предварительная	Э	24—36	СМ1—СМ2	К	—	—	—	К
	Комбинированная	Э	36—46	СМ1—СМ2	К	—	—	—	—
	Чистовая	Э	60	СМ1	К	—	—	—	—
Сталь углеродистая незакаленная	Предварительная	Э	36—46	С1—СТ1	К	Э	46	С1—СТ3	В
	Комбинированная	Э	46—60	С2—СТ1	К	Э	60	С1—СТ3	В
	Чистовая	Э	60—80	С2—СМ2	К	Э	80—100	СТ1—СТ3	В
Сталь углеродистая закаленная	Предварительная	Э	36—46	СМ2—М3	К	Э	46	С1—СТ3	В
	Комбинированная	Э	46—60	СМ2—М3	К	Э	60	С1—СТ3	В
	Чистовая	Э	80—100	СМ2—М3	К	Э	80—100	СТ1—СТ3	В
Сталь быстрорежущая незакаленная	Предварительная	Э	36—46	С1—СМ2	К	Э	46	С1—СМ1	К
	Комбинированная	Э	46	С1—СМ1	К	Э	46	С1—СМ1	К
	Чистовая	ЭБ	60	С1—СМ2	К	ЭБ	80	С1—СМ2	К
Сталь быстрорежущая закаленная	Предварительная	ЭБ	46	С1—СМ1	К	ЭБ	46	С1—СМ1	К
	Комбинированная	ЭБ	60	С1—СМ2	К	ЭБ	60	С1—СМ2	К
	Чистовая	ЭБ	80	С1—СМ2	К	ЭБ	80	СМ1—СМ2	К

Продолжение табл. 14

Обрабатываемый материал	Характер обработки	Круглое шлифование			Связка	Фасонное шлифование			Связка
		Материал	Зерно	Твердость		Материал	Зерно	Твердость	
Сталь марганцовистая	Предварительная	Э	36	С1—СМ2	К	Э	36	С2—СМ2	—
	Комбинированная	Э	46	С2—СМ2	К	Э	46	С2—СМ2	К
	Чистовая	Э	60	С2—СМ2	К	Э	60	С2—СМ2	К
Сталь титанистая	Предварительная	Э	36	С1—С2	К	Э	36	С1—С2	К
	Комбинированная	Э	46	С1—С2	К	Э	46	С1—С2	К
	Чистовая	Э	60	С1—СМ2	К	Э	60	С1—СМ2	К
Сталь хромоникелевая незакаленная	Предварительная	Э	36	С2—СМ2	К	Э	36	С2—СМ2	К
	Комбинированная	Э	46	С2—СМ2	К	Э	46	С2—СМ2	К
	Чистовая	Э	46—60	С2—СМ2	К	Э	46—60	С1—С2	К
Сталь хромоникелевая закаленная	Предварительная	Э	46	С1—С2	К	Э	46	С1—С2	К
	Комбинированная	Э	60	С1—СМ2	К	Э	60	С1—СМ2	К
	Чистовая	Э	80	С1—СМ2	К	Э	80	С1—СМ2	К
Сталь хромоникелевая цементированная	Предварительная	Э	46	С1—С2	К	Э	46	С1—С2	К
	Комбинированная	Э	60	С1—СМ2	К	Э	60	С1—СМ2	К
	Чистовая	Э	80	С1—СМ2	К	Э	80	С1—СМ3	К
Твердые сплавы	Предварительная	КЧ	46	СМ1—М3	К	КЧ	46	СМ1—М3	К
	Комбинированная	КЗ	60	СМ1—М3	К	КЗ	80	СМ1—М3	К
	Чистовая	КЗ	80	СМ1—М3	К	КЗ	80	СМ1—М3	К

Для обработки твердых сплавов часто применяют мелкозернистые круги и на обдирочных операциях.

Твердость. Для шлифования мягких металлов, как правило, выбирают твердые круги, а для шлифования твердых материалов — мягкие круги. Для жестких станков и деталей применяют более мягкие круги. При увеличении окружной скорости твердость круга берется уменьшенной. Чем меньше площадь контакта изделия и круга, тем тверже должен быть круг.

Структура. Чем больше объем снимаемой в единицу времени стружки и более вязкий шлифуемый материал, тем более пористый должен быть круг. Исключение составляют твердые сплавы, для которых рекомендуются высокопористые круги.

Связка. Наиболее широкое распространение имеют круги на керамической связке. Такими кругами в машиностроении выполняются около 80% всех шлифовальных работ. Кругами на вулканитовой связке пользуются для получения особенно высокого качества обработанной поверхности и при необходимости применения очень тонких кругов.

Бакелитовые круги применяют при работе на высоких окружных скоростях.

§ 91. КРЕПЛЕНИЕ И БАЛАНСИРОВКА ШЛИФОВАЛЬНОГО КРУГА

Шлифовальный круг закрепляется на фланцах *1* (рис. 97). При этом нужно следить, чтобы посадка круга на шейки фланцев была свободной и без большой качки. Круг должен плотно прилегать к торцам фланцев. Оба фланца скрепляются винтами *2*. По торцам круга ставятся картонные прокладки *3*.

Прежде чем установить фланцы с закрепленным между ними кругом на шпиндель станка, его надо отбалансировать, т. е. добиться, чтобы общий центр тяжести круга и фланцев был на оси вращения.

Балансировка производится на балансировочном устройстве (рис. 98), состоящем из основания с двумя стойками, на которых закреплены цилиндрические валики. Верхние образующие валиков находятся в одной, строго горизонтальной плоскости.

Фланцы с кругом закрепляют на специальной балансировочной оправке, концы которой помещают на валики устройства. Круг скатывается по ним и остановится в положении, в котором центр тяжести круга окажется внизу.

Для того чтобы переместить центр тяжести на ось вращения, пользуются тремя грузиками, перемещаемыми в кольцеобразном пазу *4* правого торца фланца (см. рис. 97).

Первоначально закрепляют средний грузик в самом высоком положении, а два остальных рядом с ним. Если после этого стронуть круг, он покатится по валикам и остановится, когда грузики окажутся внизу. После такой предварительной баланси-

ровки производят окончательную балансировку круга. Для этого последовательно раздвигают на одинаковые расстояния грузики до того момента, пока круг не приобретет равновесия, т. е. он будет останавливаться на валиках в любом положении, зависящем только от силы толчка.

Отбалансированный круг закрепляют на шпинделе станка и производят его правку. Если после правки уравновешенность круга нарушается, то он подвергается вторичной балансировке.

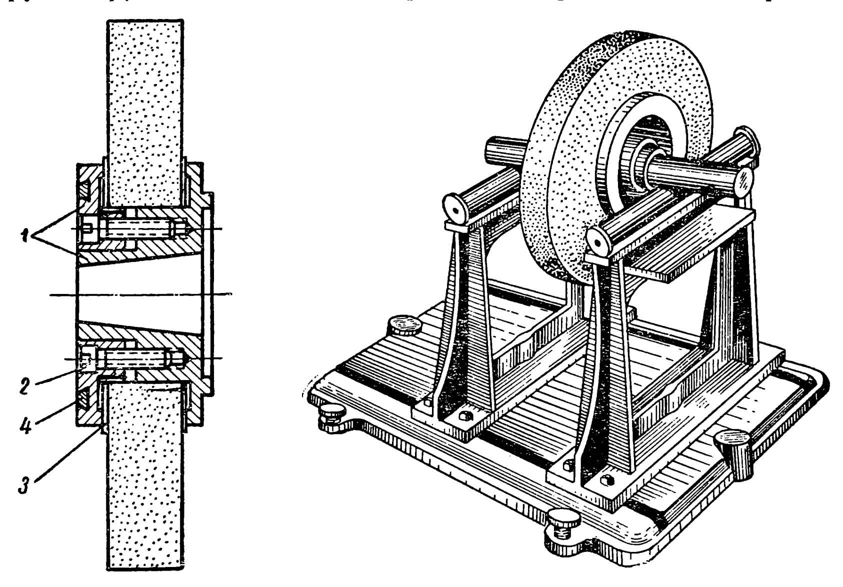


Рис. 97. Крепление шлифовального круга на фланцах

Рис. 98. Приспособление для балансировки шлифовального круга

В процессе работы диаметр круга постепенно стачивается и его уравновешенность может нарушиться, поэтому при уменьшении диаметра круга на 50—60 *мм* его надо заново отбалансировать. В отдельных случаях неоднородность круга настолько значительна, что он не поддается балансировке. Такими кругами пользоваться нельзя и их надо возвращать на склад.

§ 92. ПРАВКА КРУГА

Шлифование с самозатачиванием круга в основном применяется на обдирочных операциях с применением крупнозернистых, мягких кругов, например при шлифовании деталей из твердого сплава.

Работа с самозатачиванием дает экономию времени на правку круга и увеличение производительности. Однако при самозата-

чивании возрастает удельный расход абразива и ухудшается чистота шлифуемой поверхности, вследствие этого шлифование с самозатачиванием применяется редко.

При работе с малыми поперечными подачами, кругами твердости СМ1—СМ2 и выше давление на шлифующие зерна не достигает такой степени, при которой начинается самозатачивание, и шлифовальный круг постепенно засаливается. Для восстановления его работоспособности прибегают к правке круга, которая состоит в съеме с его поверхности слоя толщиной 0,05—0,2 *мм*.

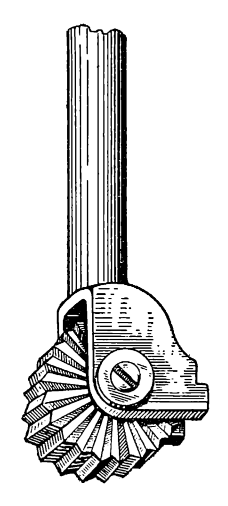


Рис. 99. Шарошка для правки шлифовального круга

Для правки применяют стальные шарошки и ролики, твердосплавные ролики, абразивные круги, алмазы.

Стальные шарошки и ролики. Стальные шарошки, составленные из остроконечных звездочек или гофрированных дисков (рис. 99), насаженных на валики, используют для правки крупнозернистых кругов на обдирочных станках.

Чаще на круглошлифовальных станках применяют цельные шарошки в виде цилиндрического стального ролика с нарезанными на его поверхности крестообразно спиральными канавками, смонтированного в держаке на шарикоподшипниках. При правке такими роликами их ось вращения устанавливают под углом 3—5° к оси вращения круга.

При сближении правящего ролика с поверхностью вращающегося шлифовального круга он начинает вращаться с такой же скоростью, но в обратную сторону и, наталкиваясь на выступающие на поверхности круга зерна, выдирает их из связки. Такой метод правки называется обкаткой. Обкатка производится с продольной подачей 0,5—1 *мм/сек* и поперечной подачей 0,01—0,02 *мм* на один проход. При продольной подаче нельзя выдвигать шарошку за край больше, чем на половину ее ширины.

Твердосплавные ролики. Так как стальные ролики очень быстро срабатываются, то для обкатки применяют твердосплавные ролики. Ролик *1* (рис. 100) из твердого сплава ВК-6 вращается во втулках *2* из вязкого сплава ВК-15.

Такая державка очень компактна и может крепиться в гнезде прибора для правки вместо алмазного карандаша. Правку производят с охлаждением.

Абразивные круги. Широкое распространение имеет правка абразивными кругами методом шлифования или обкатки.

Правящие круги изготовляются из черного или зеленого кар-

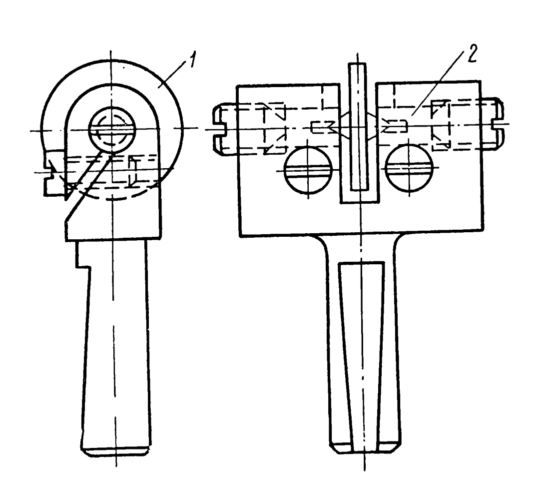


Рис. 100. Оправка с твердосплавным роликом

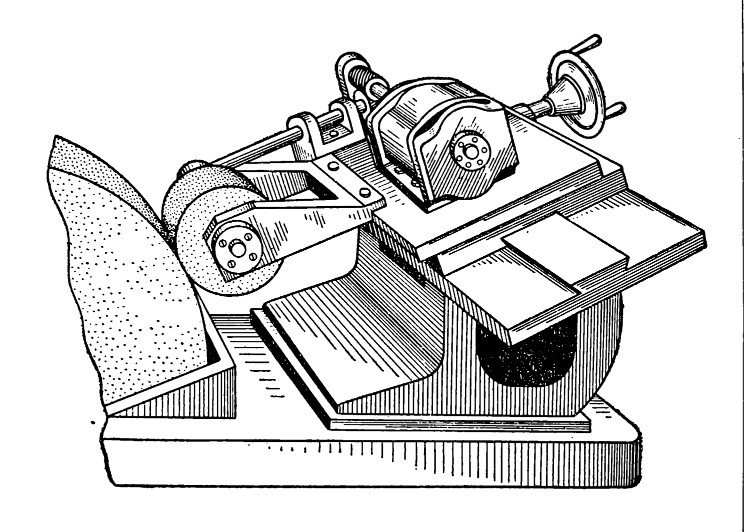


Рис. 101. Приспособление для правки шлифовального круга

бида кремния. Диаметр правящего круга обычно в 4—6 раз меньше диаметра шлифовального круга. По твердости правящие круги берутся на 3—4 номера выше твердости шлифовального, а по зернистости они могут быть примерно одинаковыми.

На рис. 101 показано приспособление для правки круга методом шлифования, применяемое на Челябинском тракторном заводе. Приспособление крепится на станине станка. Правящий круг из карбида кремния вращается специальным электродвигателем с передаточным механизмом.

Для вращения правящего круга можно также использовать привод передней бабки станка; для этого правящий круг закрепляют на оправке с хомутиком, вставляют в центра вместо шлифуемой детали.

Качество правки методом шлифования несколько выше, чем обкаткой. При правке шлифованием зерна выправляемого круга не только вырываются, но и дробятся, и это повышает режущие свойства круга.

На практике чаще применяют правку абразивных кругов методом обкатки, так как правка шлифованием обходится дороже.

Алмазы. Наиболее совершенным способом правки шлифовальных кругов является правка алмазами (рис. 102).

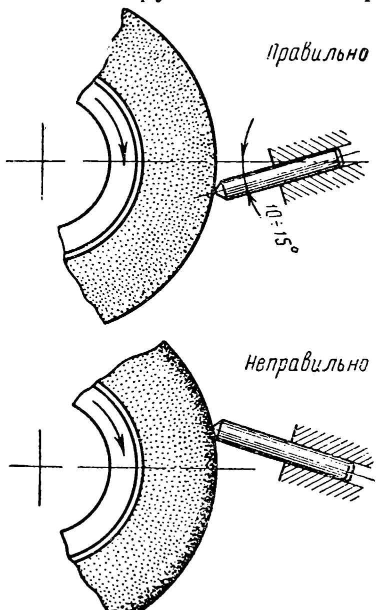


Рис. 102. Установка алмаза при правке

Процесс правки алмазами выгодно отличается тем, что при этом происходит не только удаление целых зерен из связки, но и значительное их дробление, благодаря чему выправленный круг обладает высокой режущей способностью и обеспечивает получение повышенной чистоты и точности шлифованной поверхности.

Для правки кругов используются технические алмазы. Чем больше диаметр круга и выше его зернистость и твердость, тем больше по размеру должен быть применяемый для правки алмаз.

Например, для правки круга на керамической связке диаметром 200 *мм,* зернистости 46 и твердости СМ2 величина зерна должна быть не менее 0,3 карата. Для круга такой же характеристики

диаметром 500 *мм* требуется алмаз в 0,75 карата. Алмазы запаиваются или зачеканиваются в специальной оправке стандартных размеров.

§ 93. ПРИСПОСОБЛЕНИЯ

Приспособления для шлифования в центрах. Установка деталей в центрах применяется при наружном круглом шлифовании. Для установки в центрах детали имеют центровые отверстия на торцах.

Центра изготовляются цельные (рис. 103, *а*) или с твердосплавным наконечником (рис. 103, *б*). При шлифовании деталей диаметром 3—4 *мм* применяют обратные центра (рис. 104). В этом случае концы шлифуемых деталей выполняются в виде конусов с углом при вершине 60°

Для свободного выхода шлифовального круга с детали, диаметр которой меньше диаметра центра, одна сторона центра, обращенная к кругу, срезается.

При шлифовании в центрах шпиндель передней бабки не вращается и вращение шлифуемая деталь получает от поводковой планшайбы через *хомутик*, закрепляемый на конце детали.

Наиболее часто применяемый вид хомутика показан на рис. 105. Недостаток таких хомутиков состоит в том, что при невысокой твердости шлифуемой детали зажимный винт оставляет на ней вмятину. От этого недостатка свободен универсальный хомутик (рис. 106).

При шлифовании хвостовиков шестерен, обрабатываемых крупными партиями, применяют специальное *поводковое приспособление* (рис. 107). Корпус *1* этого приспособления болтом *4* крепится к планшайбе передней бабки, а поводок *3* с помощью гайки *2* устанавливается так, что при закреплении шлифуемой шестерни в центрах поводок попадает во впадину между зубьями и при вращении планшайбы увлекает за собой шестерню. Применение таких поводковых приспособлений сокращает вспомогательное время, так как исключает установку и снятие хомутика с каждой детали.

Детали с точным отверстием и небольшой высотой шлифуют на длинных *центровых оправках* с небольшой конусностью (рис. 108, *а*). Диаметр оправки с заходного конца на 0,01 *мм* меньше номинального диаметра отверстия шлифуемой детали, диаметр другого конца оправки превышает диаметр отверстия детали на 0,015 *мм*. Конусность оправки должна быть не больше 0,015 *мм* на 100 *мм*. Разжимные оправки (рис. 108, *б*) используются для шлифования деталей с более широким допуском по внутреннему диаметру.

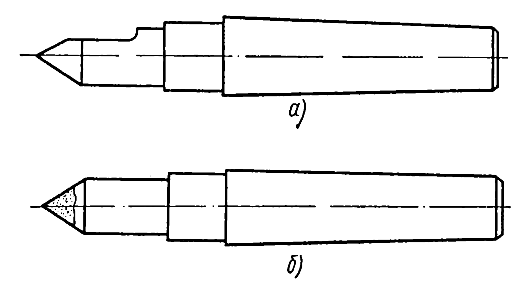


Рис. 103. Центра:
а — обычный срезанный, *б* — с твердосплавным наконечником

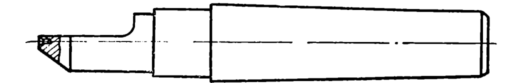


Рис. 104. Обратный центр

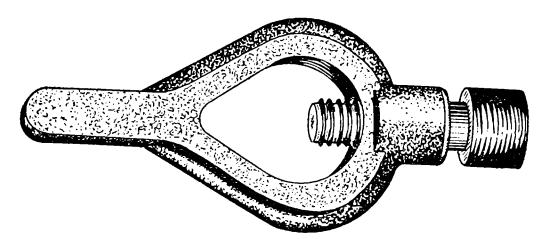


Рис. 105. Хомутик

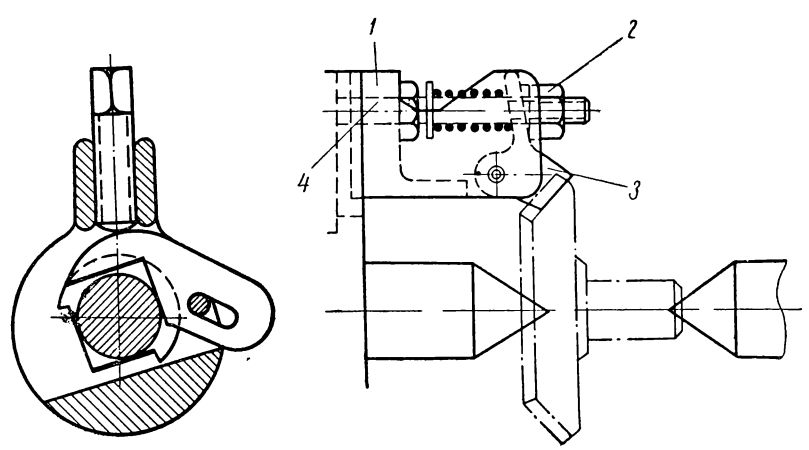


Рис. 106. Универсальный хомутик

Рис. 107. Поводковое приспособление

Втулка *2* имеет 3—6 осевых разреза с каждого торца. При завертывании гайки *3* внутренняя конусная поверхность втулки перемещается по наружному конусу оправки *1*, вследствие чего происходит зажим обрабатываемой детали.

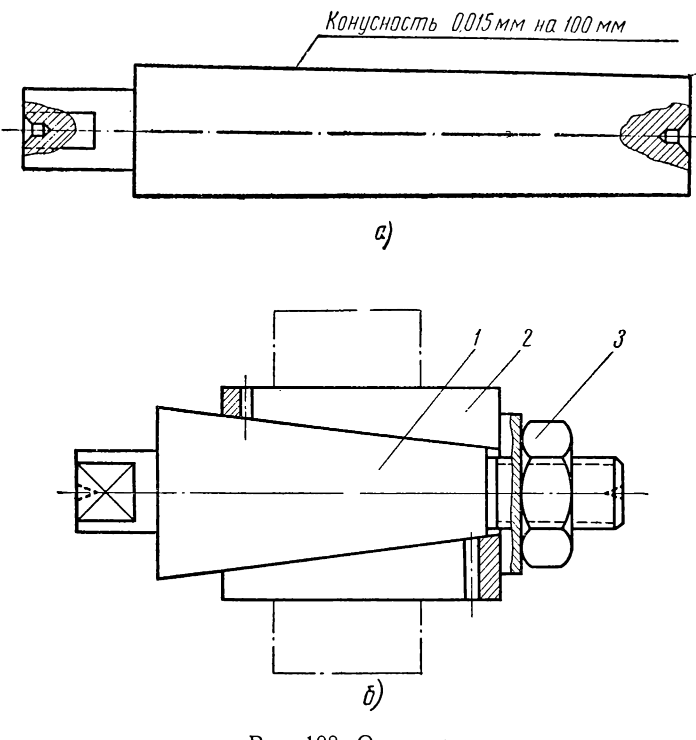


Рис. 108. Оправки:
а — коническая, *б* — разж

Люнеты. При шлифовании удлиненных деталей наблюдается их прогиб под действием сил, возникающих при шлифовании (силы P_y и P_z). Для устранения прогиба деталей применяют специальные приспособления, называемые *люнетами* (рис. 109).

Корпус *2* люнета устанавливается на столе станка и закрепляется винтом *1*. Горизонтальный упор *6* расположен на ползуне *7*, который регулируется при поджиме детали винтом *8*. Нижний упор *5* закреплен на качающемся рычаге *4*. При вращении винта *9* рычаг *4* поворачивается на оси *3* и подводит нижний упор *5* к поверхности детали.

В процессе шлифования, по мере уменьшения обрабатываемого диаметра, необходимо периодически приближать упоры до касания с шлифуемой поверхностью. В зависимости от отноше-

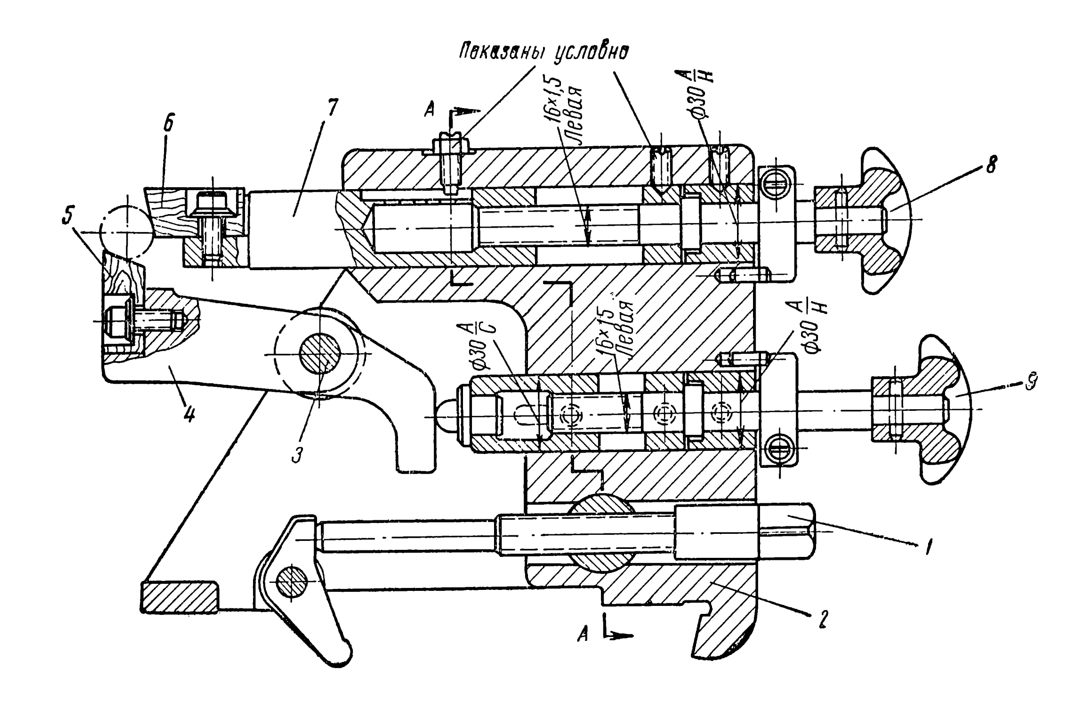


Рис. 109. Люнет

ния длины шлифуемой детали к диаметру применяют один, два или более люнетов.

Патроны. При шлифовании единичных деталей часто применяют *четырехкулачковые патроны* с независимым перемещением кулачков (рис. 110). Каждый кулачок *1* этого патрона передвигается своим червячком *2*. Такие патроны применяются для наружного или внутреннего шлифования деталей с неконцентричными поверхностями, по которым производится зажим.

Установка шлифуемой детали в патроне производится по индикатору.

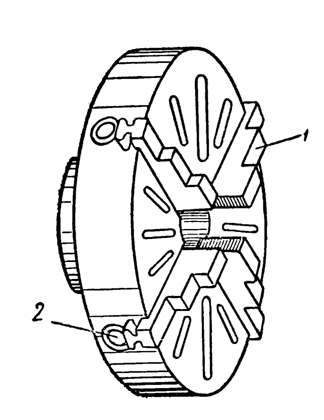


Рис. 110. Четырехкулачковый патрон

Рис. 111. Трехкулачковый самоцентрирующий патрон

Самоцентрирующий трехкулачковый патрон применяют для зажима деталей, в которых шлифуемая наружная или внутренняя поверхность концентрична поверхности, по которой происходит зажим (базовой поверхности). При шлифовании деталей в самоцентрирующем патроне возможно несовпадение осей шлифуемой и базовой поверхностей в пределах 0,05—0,25 *мм*.

Устройство техкулачкового самоцентрирующего патрона показано на рис. 111. Нижняя поверхность диска *1* представляет собой коническое зубчатое колесо, сцепленное с тремя коническими шестернями *2*, установленными через 120° в корпусе *3* патрона.

При вращении любой из этих шестерен начинает вращаться диск *1*. На верхнем торце диска нарезана спираль, которая соединена с зубцами, имеющимися на нижней поверхности зажимных кулачков *4*. При повороте диска *1* происходит одновременное перемещение всех трех кулачков к центру или от центра патрона в зависимости от направления вращения диска *1*.

Обработка большого количества деталей с более жесткими допусками на размер базового диаметра производится в *трехкулачковых пневматических патронах* (рис. 112). На штоке *2*, соединенном левым концом с поршнем пневматического цилиндра, закреплена головка *1*, в которой имеются три точно обработанных паза *3*. Ось каждого паза направлена под углом 15° к оси патрона. В эти пазы входят выступы зажимных кулачков *4*. При движении штока вправо головка штока увлекает кулачки и, сдвигая их к центру, зажимает обрабатываемую деталь.

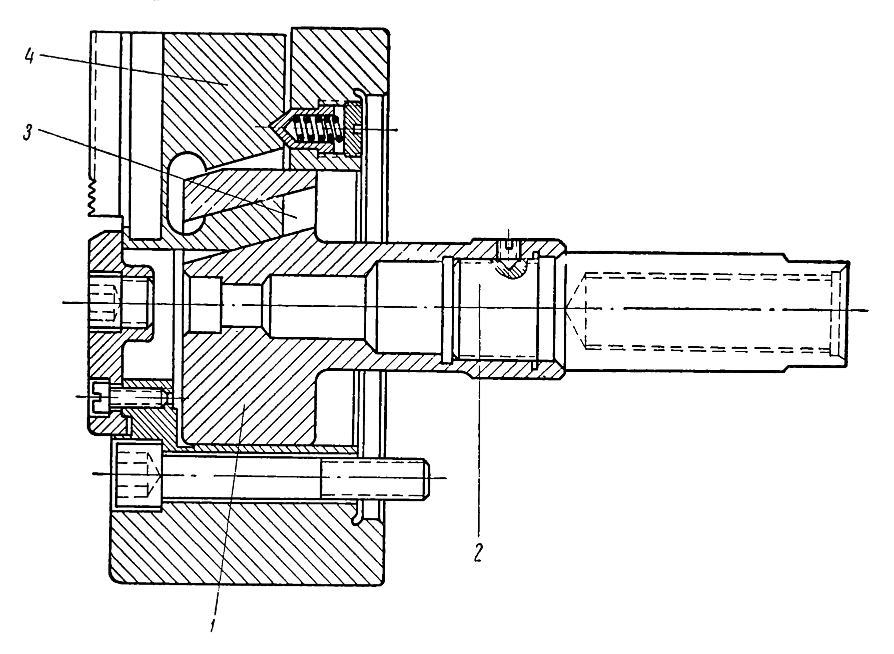


Рис. 112. Трехкулачковый пневматический патрон

Для освобождения детали достаточно переключить направление движения поршня пневматического цилиндра, в результате чего шток сдвигается влево и кулачки разводятся.

Пневматические патроны более точны по сравнению с самоцентрирующими, облегчают труд рабочего, уменьшают время, затрачиваемое на зажим и отжим детали.

Кулачковые патроны непригодны для зажима тонкостенных деталей. В таких случаях применяют *мембранные патроны* (рис. 113).

К торцу упругой мембраны *а* (рис. 113, *а*) прикладывается сила *P*, под действием которой торец мембраны деформируется и выступы (кулачки) *б*, связанные с торцом мембраны, расхо-

дятся. В результате расстояние *Б* между кулачками увеличится на некоторую величину *в*. Если теперь вставить между кулачками деталь, имеющую наружный диаметр $D = Б + в$ и прекратить действие усилия *P* на торец мембраны, то деталь окажется зажатой силами, вызванными деформацией мембраны.

Корпус патрона *2* (рис. 113, *б*) вставляется своим конусным хвостовиком в шпиндель бабки изделия и закрепляется гиль-

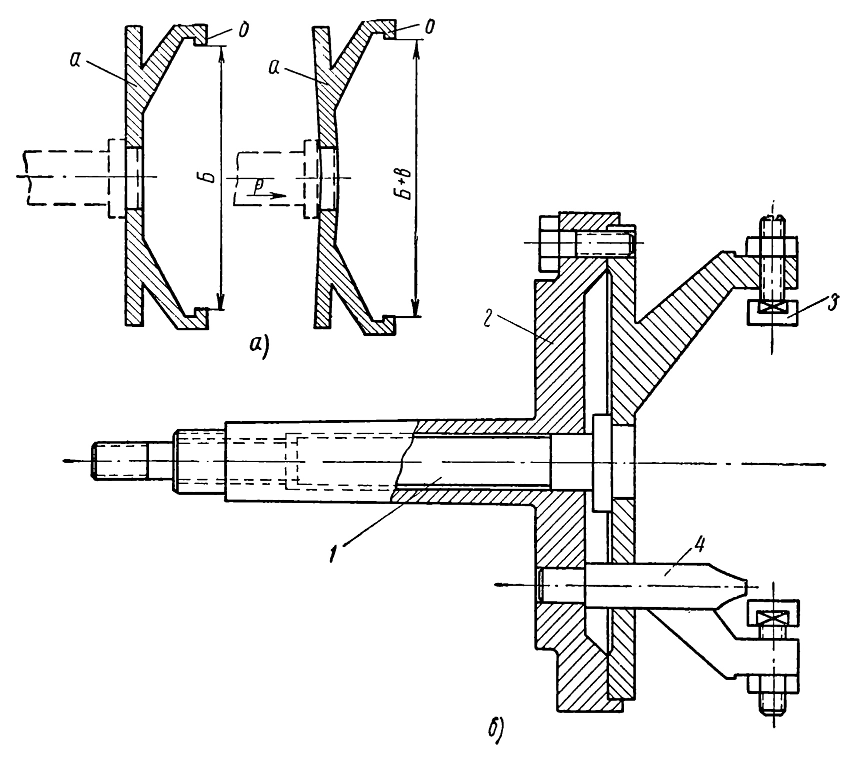


Рис. 113. Мембранный патрон:
а — принцип действия, *б* — устройство

зой с резьбой. Через отверстие хвостовика и гильзы проходит шток *1*, левый конец которого соединен с поршнем пневматического или гидравлического цилиндра.

При пуске сжатого воздуха или масла в цилиндр головка штока упирается в торец мембраны и разводит зажимные кулачки *3*, число которых равно 10—20. В этом положении производят шлифование зажимных кулачков до размера диаметра, превышающего размер шлифуемой детали на 0,03—0,05 *мм*. Одновременно шлифуют три упорных штифта *4*, служащих для бази-

рования детали по торцу, после этого патрон готов к работе.

Мембранные патроны применяют для внутреннего и наружного шлифования.

Приспособление для наружного профильного шлифования. Для шлифования сложных наружных профильных поверхностей на круглошлифовальных станках используются специальные приспособления. Одно из таких приспособлений для шлифования профильных пуансонов, действующее по способу копирования, показано на рис. 114.

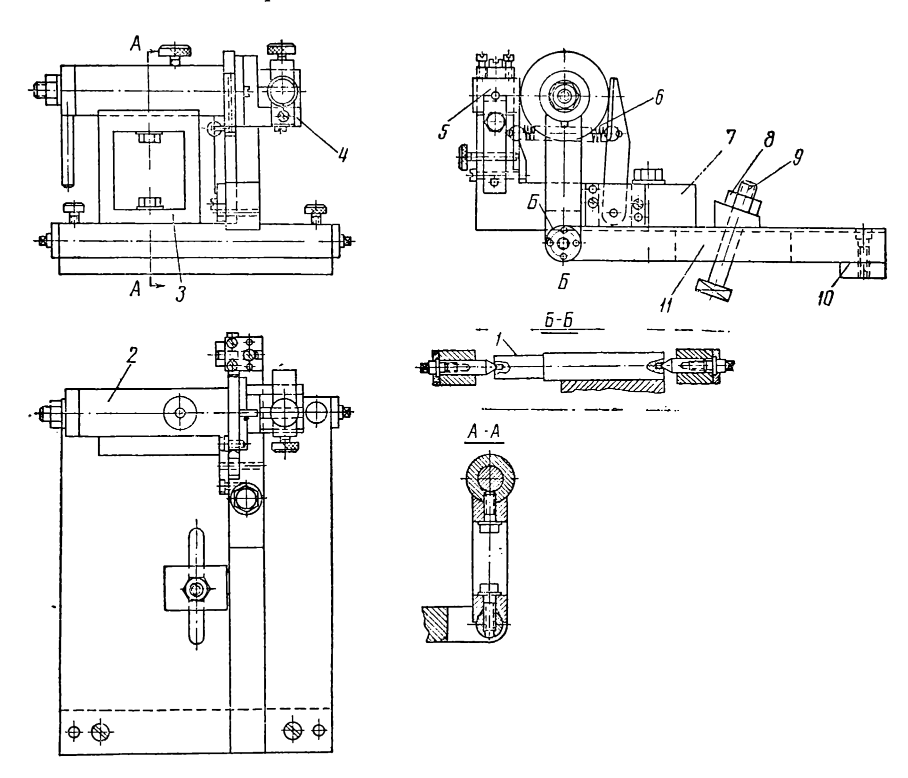


Рис. 114. Приспособление для наружного профильного шлифования

На плите *11* неподвижно закреплен угольник *7*, к которому привернут упор *5*. Опорная поверхность этого упора концентрична поверхности шлифовального круга. К этой поверхности упора пружиной *6* постоянно прижат вращающийся кулачок (копир), который жестко соединен со шпинделем приспособления *4*. Шпиндель вращается во втулке *2*, жестко соединенной с призмой *3*. Благодаря наличию центровой оправки *1*, закрепленной на обратной стороне призмы, последняя может качаться в центрах,

давая возможность вращающемуся кулачку постоянно сохранять контакт с упором *5*.

В головке шпинделя соосно с кулачком закрепляется обрабатываемая деталь. При сближении шлифовального круга с вращающейся деталью, последняя перемещается относительно режущей поверхности круга, точно повторяя движение вращающегося кулачка относительно упора. Деталь считается прошлифованной, когда замером установлено, что один из размеров ее достиг величины, указанной в чертеже, т. е. контроль шлифуемой в этом приспособлении профильной детали, а также сам процесс шлифования выполняются аналогично цилиндрической детали.

Приспособление проектируется и изготовляется для установки на определенном станке. Расстояние от нижней поверхности плиты *11* до оси шпинделя приспособления должно соответствовать высоте центров станка с точностью $\pm 0{,}5$ *мм*. Расстояние от нижней поверхности плиты до центра радиуса опорной поверхности упора *5* должно быть равно расстоянию оси шпинделя шлифовальной бабки до поверхности стола станка с точностью $\pm 0{,}05$ *мм*.

Установка приспособления на станке производится в такой последовательности:

1) прямоугольная головка болта *9* вводится в Т-образный паз стола станка;

2) тщательно протирают нижнюю поверхность плиты приспособления и поверхность стола;

3) придвигают приспособление до соприкосновения планки *10* с боковой поверхностью стола станка, после этого завертывают до отказа гайку *8*.

На специальных профилешлифовальных станках, на которых шлифование производится методом копирования, профиль кулачков и его расчет очень сложны.

Объясняется это тем, что упором для вращающегося кулачка *1* служит вращающийся ролик *2* (рис. 115), диаметр которого намного меньше диаметра шлифовального круга. Применение вращающегося упора для кулачка на профилешлифовальных станках, применяемых в массовом производстве, диктуется стремлением свести к минимуму износ кулачка и упора.

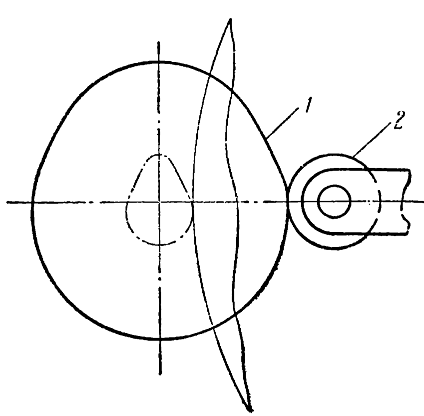


Рис. 115. Схема копирования с вращающимся роликом

В рассматриваемом нами приспособлении упор *2* для

вращающегося кулачка *1* (рис. 116) неподвижен и имеет профиль рабочей части в виде дуги окружности диаметра, несколько превышающего диаметр шлифовального круга. При таком копире

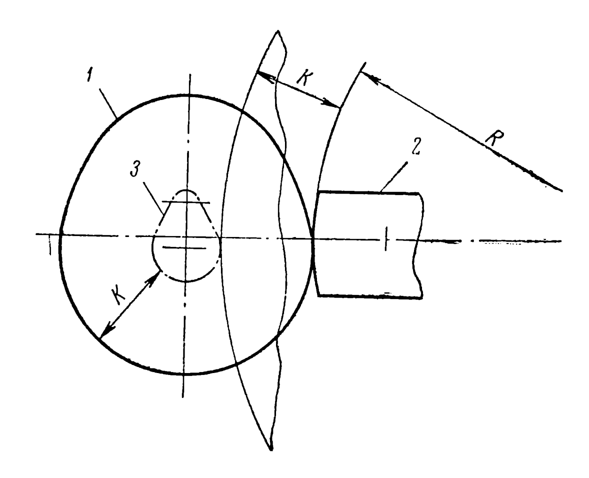


Рис. 116. Схема копирования с жестким упором

построение профиля кулачка упрощается. Все радиусы профиля *3* обрабатываемой детали определяются по чертежу, после этого увеличивают каждый радиус на одну и ту же величину K (например $K=30$ *мм*) и из центров этих радиусов описывают соответствующие дуги до их слияния. При этом получается искомый профиль.

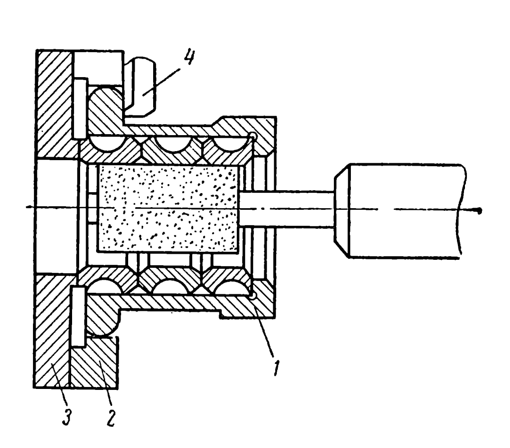


Рис. 117. Приспособление для шлифования отверстий трех колец за один установ

Выбранное значение величины K следует учитывать при определении диаметра шлифовального круга. Теоретически диаметр круга определяется по формуле

$$D=2(R-K),$$

где R — радиус упора.

Практически отклонение диаметра шлифовального круга от расчетного значения на величину до ± 20 *мм* очень мало отражается на точности шлифуемого профиля.

При необходимости поставить шлифовальный круг, намного отличающийся от расчетного, надо заменить упор другим, имеющим радиус

$$R=\frac{D}{2}+K+20,$$

где 20 *мм* — припуск на правку круга в процессе шлифования.

На шлифовальных станках также применяют приспособления, сокращающие вспомогательное время и предназначенные для обработки больших партий (серий) деталей одного типоразмера.

На рис. 117 показано одно из таких приспособлений для шлифовки отверстий трех колец шарикоподшипника за один установ. Стакан *1* со шлифуемыми кольцами вставляется в направляющее кольцо *2* и прижимается к торцу фланца *3* кулачками *4*. Во время шлифования рабочий вставляет три следующих кольца в запасной стакан.

§ 94. ПОДГОТОВКА И НАСТРОЙКА СТАНКА

Настройка станка производится в зависимости от его конструкции и характера обрабатываемой детали.

Основные этапы настройки станка при шлифовании в центрах, которое имеет наибольшее распространение при обработке наружных цилиндрических поверхностей, состоят в следующем:

1. Производят установку центров. Задний центр должен выступать из пиноли на 1,5*H* (*H* — ширина круга). При шлифовании деталей малого диаметра сторона заднего центра, обращенная к кругу, срезается на такую же длину (1,5*H*), чтобы круг не задевал центра.
2. Устанавливают поводковый патрон для вращения детали при шлифовании с неподвижным передним центром.
3. Устанавливают поворотный стол в нулевое положение.
4. Производят регулировку усилия прижима детали центром задней бабки. Чем легче и тоньше шлифуемая деталь, тем меньше должно быть это усилие. Излишняя сила прижима приводит к быстрому износу центров, слабый прижим может быть причиной выпадания детали из центров.
5. При шлифовании длинных деталей устанавливают люнеты.
6. Регулируют и проверяют охлаждение.
7. Производят правку круга. Если круг новый, его тщательно балансируют.
8. Подбирают и устанавливают согласно технологической карте скорость вращения детали и скорость хода стола.

9. Устанавливают упоры реверсирования хода стола.

10. Закрепляют деталь в центрах. Центровые отверстия (рис. 118) в детали должны быть выполнены точно. Отклонение угла конуса и овальность центрового отверстия не допускаются. Аналогичные требования предъявляются к наружным центрам передней и задней бабок станка.

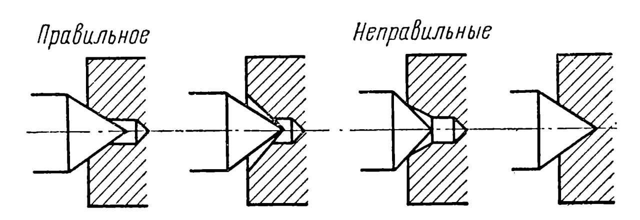


Рис. 118. Центровые отверстия

Хомутики для вращения деталей подбирают по диаметру детали. Для шлифования полых деталей используются центровые оправки.

11. Регулируют механизм автоматического выключения поперечной подачи. Для этого устанавливают деталь и включают станок. Маховичком поперечной подачи сближают круг и деталь до появления искры. В этом положении, не сдвигая маховичка, открепляют его лимб, отсчитывают по лимбу от нуля вправо столько делений, насколько потребуется повернуть маховичок, чтобы с детали был снят весь припуск, и наносят в этом месте лимба риску мелом. Затем устанавливают лимб этой риской против риски отсчета на корпусе механизма поперечной подачи и закрепляют лимб.

Когда весь припуск будет снят и нулевая риска на лимбе приблизится к риске отсчета на корпусе, специальный кулачок, соединенный с лимбом, отключит автоматическую поперечную подачу. После некоторого выхаживания отводят круг от детали. Сняв первую деталь, проверяют ее годность, после этого можно считать станок налаженным.

§ 95. ШЛИФОВАНИЕ НАРУЖНЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Способы шлифования. Различают *черновое* и *чистовое* шлифование. При черновом шлифовании снимают 80—90% припуска с малой затратой времени, поэтому при черновом шлифовании применяют крупнозернистые и твердые круги. Режимы шлифования выбирают более высокие: продольные подачи — 0,8÷0,9 ширины круга, поперечные подачи — 0,01÷0,08 *мм* на один обо-

рот детали. К чистоте шлифуемой поверхности особо высоких требований не предъявляют, но прижогов и шлифовальных трещин быть не должно.

После чернового шлифования припуск на окончательное шлифование снимается более мелкозернистыми кругами меньшей твердости при пониженных режимах: продольная подача устанавливается 0,25÷0,3 ширины круга, поперечная подача — 0,002÷0,01 *мм/об.*

После выключения поперечной подачи шлифовальный круг отводят от детали после полного прекращения искрения при крайнем положении стола. Продольное перемещение стола выключают после отвода круга.

При наружном шлифовании на круглошлифовальных станках применяются следующие способы шлифования:

1) продольными проходами;
2) установленным кругом;
3) врезанием;
4) уступами.

Шлифование продольными проходами. При этом способе шлифования (рис. 119) стол с вращающейся деталью совершает продольное движение до встречи с упором, переключающим его движение в обратную сторону. В момент переключения скорость стола равна нулю; в этот же момент осуществляется поперечная подача, т. е. перемещение круга на деталь. Поперечная подача может производиться либо в конце каждого хода стола, либо только тогда, когда деталь находится в крайне правом положении, т. е. после двойного хода стола.

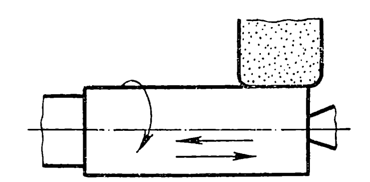


Рис. 119. Шлифование продольными проходами

Упор переключения направления продольного движения стола необходимо устанавливать так, чтобы круг не сходил с детали, так как в противном случае ее края будут завалены. Если же круг недостаточно перекрывает края детали, то размер на концах детали получается выше, чем в середине. При правильно установленных упорах переключение направления движения стола происходит при сходе круга за край детали на $^{1}/_{3}$ своей ширины.

Шлифование способом продольных проходов применяется главным образом при шлифовании деталей большой длины.

Шлифование установленным кругом. Шлифованием установленным кругом или *глубинным способом* называется такой способ шлифования, при котором весь припуск, составляющий обычно 0,1—0,3 *мм* на сторону, снимается за один проход при небольшой продольной подаче (рис. 120). Величина продольной

подачи подбирается так, чтобы при возможно большем значении ее было соблюдено обязательное условие: при отключении в любой момент продольной подачи и отводе стола искрения не должно наблюдаться.

При глубинном шлифовании подача происходит только в одну сторону. После того как очередная деталь прошлифована, стол возвращается в начальное положение для установки следующей детали при неизменном положении шлифовальной бабки.

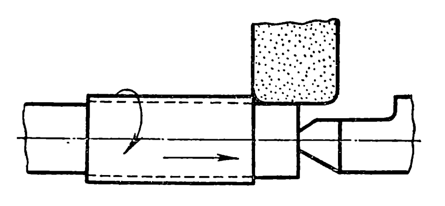


Рис. 120. Шлифование установленным кругом

Этот метод способствует постоянству размеров прошлифованных деталей, позволяет производить выборочный замер деталей. Условия резания при глубинном шлифовании значительно более благоприятны и нагрев детали меньше, чем при шлифовании продольными проходами.

В настоящее время способ глубинного шлифования получил большое распространение и новаторы-шлифовщики продолжают его усовершенствовать.

Для заправки заходного конуса на круге рекомендуются сложные устройства, пользование которыми связано со значительной затратой времени на его установку и снятие, на процесс заправки.

Шлифовщик-новатор Московского завода им. Лихачева Г Д. Кочетков предложил другой способ заправки. Первые несколько деталей он шлифует способом продольных проходов с поперечной подачей 0,1—0,15 *мм* на двойной ход при продольной подаче 0,1 ширины круга на один оборот детали. После шлифования двух-трех деталей на круге образуется заходный конус и остальные детали уже можно шлифовать способом установленного круга.

При глубинном шлифовании совмещается черновое и чистовое шлифование. Чистота шлифуемой поверхности зависит от состояния цилиндрической части круга. В процессе шлифования она постепенно срабатывается и, когда ее ширина достигнет 6—8 *мм,* на шлифованной поверхности появляется спиральная полоска, что указывает на необходимость правки круга.

Если припуск на шлифование превышает 0,3 *мм* на сторону, то для глубинного способа шлифования применяют *ступенчатую заправку круга* (рис. 121) или *заправку удлиненным конусом.*

При ступенчатой заправке разность диаметров ступеней круга составляет 0,4—0,5 *мм.* При заправке удлиненным конусом угол заправки берется от 1°30′ до 1°45′

В отдельных случаях пользуются двойным кругом, причем первый круг, производящий обдирку, берется с более крупным зерном и большей твердостью, чем второй круг. Для удобства заправки первого круга между кругами устанавливается прокладка толщиной 5—6 *мм*.

При глубинном способе шлифования требуется полный вывод круга со шлифуемой детали. Но в отдельных случаях этим способом можно также шлифовать детали, в которых шлифуемый диаметр граничит с буртиком. Для этого круг подводится к буртику до начала искрения и затем поперечной подачей при неподвижном столе шлифуют деталь до окончательного размера. После выхаживания до прекращения искрения начинают продольную подачу стола от буртика до полного выхода круга с детали.

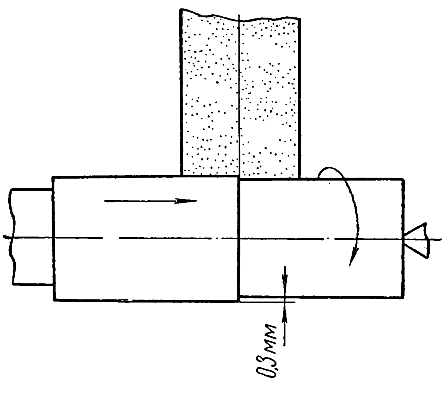


Рис. 121. Ступенчатая заправка круга

Для того чтобы приступить к обработке следующей детали, необходимо круг отвести назад. Таким образом, в данном случае происходит сочетание глубинного способа шлифования со способом врезания.

Шлифование врезанием. Шлифование врезанием — это такой способ, при котором деталь не имеет продольного перемещения и шлифование происходит одновременно по всей длине детали, при этом ширина круга должна быть больше длины детали на 1—1,5 *мм*.

Поперечная подача производится непрерывно и равна при черновом шлифовании 0,005—0,06 *мм* на один оборот детали, а при чистовом — 0,001—0,004 *мм*.

Шлифование врезанием отличается повышенной производительностью. Кроме того, этим способом можно шлифовать профильные, а также ступенчатые детали.

Обычный рабочий цикл при врезном шлифовании предусматривает обдирку с поперечной подачей 0,6—2,0 *мм/мин* со съемом 90—95% припуска. За несколько делений до нулевой отметки на лимбе начинается чистовое шлифование, при котором поперечную подачу уменьшают до 0,1—0,4 *мм/мин* и снимают оставшийся припуск. Поперечная подача выключается и производится выхаживание до прекращения искрения. Затем круг отводится и устанавливается новая деталь.

В описанный процесс шлифования врезанием новаторы-шли-

фовщики внесли свои изменения. Г Д. Кочетков не снижает подачи на участке чистового шлифования и не производит выхаживания. Для того чтобы компенсировать возникающие при этом деформации в системе станок—деталь—шлифовальный круг, он увеличивает поперечную подачу на 0,03 *мм* против установленной по лимбу и сразу при почти полном искрении отводит круг назад.

Такой способ шлифования дает значительный выигрыш в производительности и при умелом использовании обеспечивает требуемое качество обработки.

По мере притупления круга подачу снижают от верхнего предела до нижнего, а при нарушении нормального хода шлифования (резкое усиление шума, прерывистое искрение, ухудшение чистоты поверхности) шлифование прекращают для правки круга.

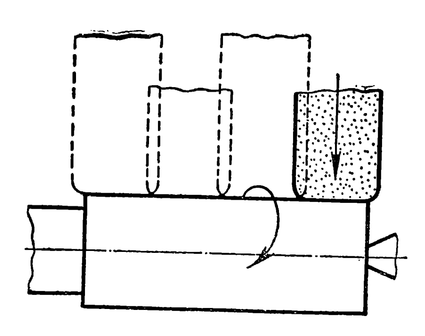


Рис. 122. Шлифование уступами

Вследствие значительной ширины зоны контакта круга с деталью при врезном шлифовании происходит выделение большого количества тепла.

Шлифование уступами. Способ шлифования уступами представляет собой сочетание способа продольных проходов с врезным шлифованием и применяется при обработке длинных деталей.

При этом способе шлифование производится врезанием с припуском 0,04—0,07 *мм* последовательно по участкам (рис. 122), причем при обработке каждого участка край круга должен захватывать ранее прошлифованный участок на 2—3 *мм*.

После того как деталь прошлифована по всей длине, производят правку круга и несколькими проходами с продольной подачей в 0,9 ширины круга шлифуют деталь до окончательного размера.

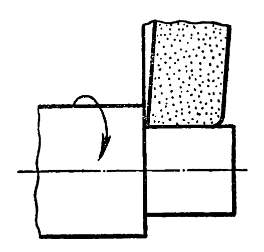
§ 96. ШЛИФОВАНИЕ ТОРЦОВЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

В массовом производстве шлифование торцов деталей производится на специальных торцешлифовальных станках. Например, торцы цилиндрических роликов для подшипников качения шлифуются за один проход двумя кругами. Каждый круг смонтирован на отдельной шлифовальной бабке, и соответствующая установка этих шлифовальных бабок определяет длину шлифованных роликов.

Такой способ шлифования торцовых поверхностей имеет высокую производительность, но требует специальных станков, поэтому его применение экономически оправдывается при большом количестве шлифуемых деталей.

В мелкосерийном производстве, а также при шлифовании несквозных торцов буртиков шлифование торцов производится на обычных круглошлифовальных станках.

Шлифование торцом круга. Обычно этим способом шлифуются торцы на буртиках (рис. 123). Торец круга заправляется с поднутрением, причем резание производится только зернами, расположенными на самой кромке круга.


Рис. 123. Шлифование торцом круга

Кроме ограниченности числа участвующих в резании зерен, условия работы при шлифовании торцом усложняются тем, что поверхность контакта круга с деталью большая и каждое зерно соприкасается с шлифуемой поверхностью по всей длине этого контакта, поэтому объем металла, снимаемого каждым зерном, значительно больше, чем при шлифовании периферией круга.

В результате этого возникает интенсивное выделение тепла в зоне резания и, чтобы избежать появления прижогов и шлифовальных трещин, шлифование необходимо вести с очень малыми подачами при обильном охлаждении.

Шлифование буртиков торцом круга производится в следующем порядке. После шлифования цилиндрической поверхности, граничащей с буртиком, до окончательного размера шлифовальный круг отводят назад на 0,3—0,05 *мм* и вручную подводят торец круга к торцу шлифуемого буртика, затем с появлением искры осторожными прерывистыми воздействиями на маховичок продольной подачи шлифуют торец.

Искра и шум, возникающие в зоне резания, дают опытному шлифовщику представление о том, как идет процесс шлифования. Во многих случаях шлифование торцов производят «как чисто», т. е. до удаления следов предыдущей операции.

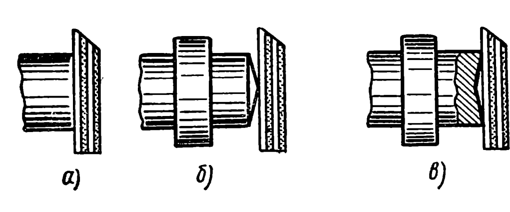


Рис. 124. Проверка торцов лекальной линейкой:
а — торец правильный, *б* — торец выпуклый, торец вогнутый

П л о с к о с т н о с т ь п р о ш л и ф о в а н н ы х т о р ц о в проверяется лекальной линейкой (рис. 124)

Для получения пра-

вильного торца очень важное значение имеет установка шлифовальной бабки. Ось шлифовального шпинделя должна быть параллельна направлению продольного движения стола.

Обычно шлифовальная бабка устанавливается по шкале; для шлифования цилиндрических поверхностей такая установка приемлема, так как после заправки круга образующая его параллельна ходу стола. Но при шлифовании торцом круга погрешность, допущенная при установке шлифовальной бабки, заметно сказывается на качестве торца детали. Если прошлифованный торец оказывается выпуклым, это значит, что ось шлифовального шпинделя не параллельна направлению движения стола, а составляет с ним некоторый угол, вершина которого направлена к передней бабке, и, наоборот, вогнутость прошлифованного торца указывает, что вершина угла между осью шпинделя и направляющими стола направлена к задней бабке.

При шлифовании у детали двух торцов, расстояние между которыми должно быть выдержано в пределах допуска, применяют наладки с индикатором, установленным на станине станка неподвижно, и упорной планкой; последняя закрепляется в продольном пазу стола точно так же, как это делается с упорами переключения хода стола. Порядок пользования этой наладкой проследим на двух примерах.

Пример I. У оправки, показанной на рис. 125, *а*, требуется выдержать размер 80±0,015 *мм*. Припуск на шлифование составляет 0,5 *мм*.

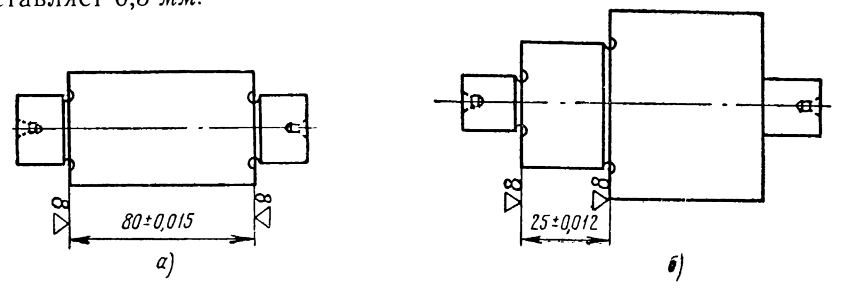


Рис. 125. Шлифование торцов оправок:
а — с двух сторон, *б* — с одной стороны

Подводим круг к первому торцу до начала искрения, затем передвигаем упорную планку к индикатору, так чтобы стрелка его повернулась на один оборот, и закрепляем ее. Потом, установив шкалу индикатора на нуле, шлифуем торец до момента, когда стрелка индикатора подойдет к 20-му делению. Это значит, что мы сняли 0,2 *мм*. На этом подачу прекращаем и после выхаживания шлифование первого торца можно считать законченным. Затем в таком же порядке шлифуем второй торец «как чисто» и производим замер. Допустим, он равен 80,25 *мм*, тогда,

установив шкалу индикатора на нуль, шлифуем второй торец, пока стрелка не подойдет к 25-му делению. После этого включаем подачу и производим выхаживание.

Пример II. У оправки, показанной на рис. 125, *б*, требуется выдержать расстояние между торцами 25±0,012 *мм*.

Шлифуем оба торца «как чисто» и производим замер. Допустим, мы получили размер 25,3 *мм,* тогда подводим круг к меньшему торцу до начала искрения и, установив индикатор на нуль, шлифуем торец, пока стрелка индикатора не подойдет к 30-му делению.

Если после шлифования обоих торцов «как чисто» размер получится не 25,3, а 24,7 *мм,* то в таком же порядке шлифуется больший торец.

В некоторых случаях шлифование торцов производится одновременно с шлифованием прилегающего диаметра специально заправленным шлифовальным кругом (рис. 126). В этом случае ось шпинделя шлифовального круга располагается под углом к оси шлифуемой детали (чаще всего этот угол равен 45°).

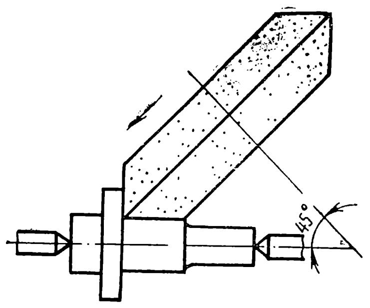


Рис. 126. Одновременное шлифование диаметра и торца

Подача производится, как обычно, перпендикулярно оси вращения шлифовального круга. Такой способ шлифования торцов более производителен и при правильном применении обеспечивает требуемую точность шлифуемых деталей.

§ 97. ШЛИФОВАНИЕ НАРУЖНЫХ КОНИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Детали с коническими поверхностями встречаются очень часто. У каждого токарного, фрезерного или сверлильного станка рабочий конец шпинделя имеет конусное отверстие для установки центров или режущего инструмента с соответствующим конусным хвостовиком. Размеры конусных отверстий в шпинделях, а также размеры конусных хвостовиков инструментов и центров стандартизированы.

В табл. 15 приведены размеры конусов общепринятой системы Морзе от № 0 до № 6. Помимо длины конуса и большого и малого диаметров его, для каждого номера конуса Морзе даны значения конусности κ и угол уклона α.

Эти величины характерны не только для конусов Морзе, но и для любой другой системы конусов. На рис. 127 показано сечение конусной пробки и все элементы, характерные для конусной поверхности.

Таблица 15

Конусы Морзе

№ конуса	D	d	l	Конусность κ	Угол уклона α
0	9,045	6,453	49,8	0,0521	1°29′27″
1	12,065	9,396	53,5	0,0499	1°25′43″
2	17,780	14,583	64,0	0,0500	1°25′50″
3	23,285	19,784	80,5	0,0502	1°26′16″
4	31,267	25,933	102,7	0,0509	1°29′16″
5	44,399	37,573	129,7	0,0526	1°30′26″

Конусностью κ называется отношение разности большого и малого диаметров к его длине:

$$\kappa = \frac{D-d}{l}$$

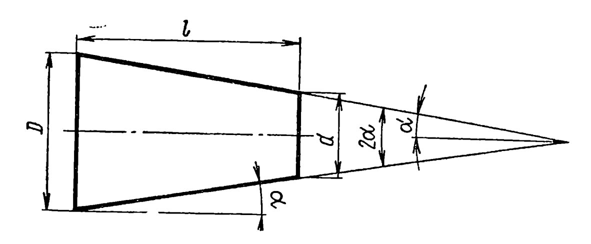


Рис. 127. Элементы конуса

Допустим, $D=110$ *мм*, $d=80$ *мм*, $l=150$ *мм*, тогда

$$\kappa = \frac{110-80}{150} = 0{,}2.$$

Если величину конусности разделить пополам, то получим уклон конуса n, т. е.

$$n = \frac{\kappa}{2} = \frac{D-d}{2l}$$

При размерах, приведенных выше, уклон конуса

$$n = \frac{110-80}{2 \cdot 150} = 0{,}1.$$

Уклон конуса по величине соответствует тангенсу угла уклона α (см. рис. 127):

$$\operatorname{tg} \alpha = n = \frac{D-d}{2l}$$

Угол уклона конуса при размерах, приведенных выше, будет иметь следующее значение:

$$tg\,\alpha = n = 0{,}1;$$

$$\alpha = 5°43'$$

Удвоенный угол уклона называется углом конусности, или углом при вершине конуса.

Помимо конусов системы Морзе, в машиностроении применяются метрические конусы, а также конусности 1 100; 1 50; 1 30 и 1 : 10.

Способы шлифования. В зависимости от величины угла конусности детали применяются различные способы шлифования конических поверхностей. Детали с углом конусности, не превышающим 15°, шлифуются *способом поворота стола* (рис. 128).

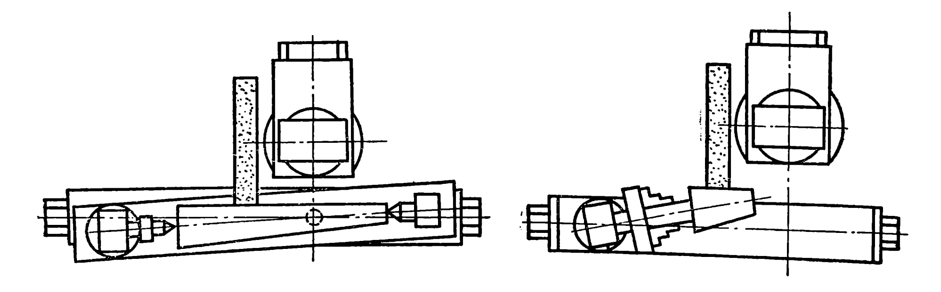


Рис. 128. Шлифование конических поверхностей способом поворота стола

Рис. 129. Шлифование конических поверхностей способом поворота передней бабки

Верхний стол станка повернут на угол, равный уклону конуса детали. Такой установкой стола достигается расположение образующей конуса, обращенной к шлифовальному кругу, параллельно движению стола. Поворот стола предварительно производят по шкале станка.

После первых проходов проверяют полученный угол конусности и при отклонении его от чертежного размера корректируют установку стола. Если при следующей проверке фактический угол конусности окажется в требуемых пределах, поворотный стол закрепляют.

Дальнейшее шлифование производится продольными проходами. Поперечная подача осуществляется перемещением шлифовальной бабки, как и при шлифовании цилиндрических поверхностей.

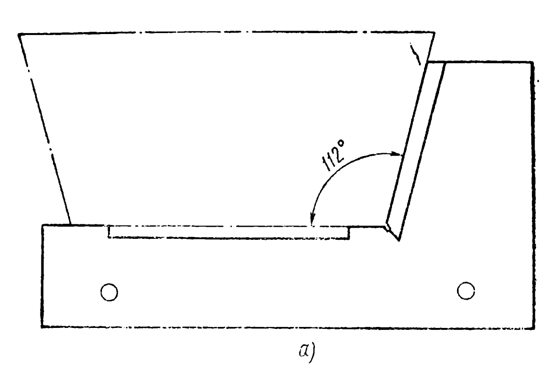
Шлифование деталей с углом конусности, превышающим 15°, производят *способом поворота передней бабки* (рис. 129). Де-

таль устанавливается и зажимается в патроне. После установки поворотного стола в нулевое положение открепляют переднюю бабку и устанавливают ее по шкале на угол, равный углу уклона шлифуемого конуса, и окончательно ее закрепляют.

После этого несколькими проходами шлифуют коническую поверхность детали и проверяют фактический угол конусности. При необходимости производят корректировку угла поворотом стола. После получения заданного угла стол закрепляют окончательно и деталь шлифуют под размер.

Детали шлифуются продольными проходами. Поперечная подача производится перемещением шлифовальной бабки. Детали с короткими коническими поверхностями часто шлифуются способом врезания (например, внутренние кольца конических роликовых подшипников).

Проверка точности конических деталей. На практике применяются различные методы проверки конических деталей. Угол уклона конической поверхности можно проверить угломером или при большом количестве одинаковых деталей специальным шаблоном (рис. 130, *а*). Проверка шаблоном не гарантирует точности диаметра шлифуемой детали.



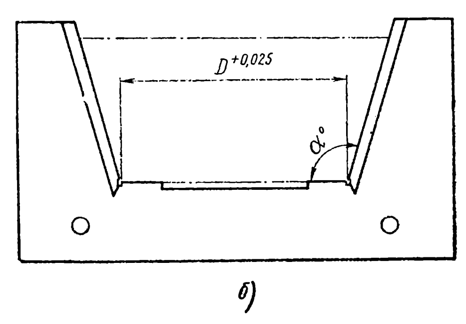


Рис. 130. Шаблоны:
а — для проверки угла конуса, *б* — для проверки угла и малого диаметра конуса

В тех случаях, когда малый диаметр конической поверхности задан с жестким допуском, применяют шаблон, контролирующий одновременно угол конусности и малый диаметр детали (рис. 130, *б*).

При шлифовании деталей с небольшой конусностью, например центров, конусных хвостовиков сверл и фрез, для контроля угла конусности и диаметра пользуются специальными контрольными калибрами.

При шлифовании единичных деталей контроль малого диаметра шлифуемого конуса осуществляется при помощи универ-

сального роликового приспособления (рис. 132). Ролики *1* и *2* имеют одинаковый диаметр, выдержанный с большой точностью. Расстояние между роликами зависит от величины малого диаметра конуса и угла уклона его, а также от диаметра роликов и определяется по формуле

$$H=d\left[ctg\left(45°-\frac{\alpha}{2}\right)-1\right]+D,$$

где d — диаметр ролика;

D — малый диаметр конуса;

α — угол уклона конуса.

По подсчитанному размеру H набирают блок мерных плиток, вставляют его между роликами и полученное положение роликов фиксируют винтами *4* и *3*.

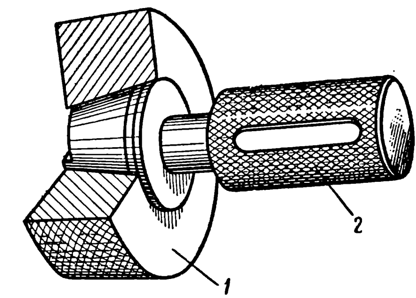


Рис. 131. Калибры для проверки конических поверхностей:
1 — наружных, *2* — внутренних

Пример. Подсчитать расстояние между роликами для контроля малого диаметра шлифуемого конуса по следующим данным: $d=10$ *мм*, $\alpha=30°$, $D=80$ *мм*.

Решение.

$$H=d\left[\text{ctg}\left(45°-\frac{\alpha}{2}\right)-1\right]+D=10\left[\text{ctg}\left(45°-\frac{30°}{2}\right)-1\right]+80=87{,}32\ мм.$$

Проверка угла конуса угломером отличается невысокой точностью замера. Контроль конуса калибрами-втулками и пробками (рис. 131) дает хорошие результаты только при малых углах конусности.

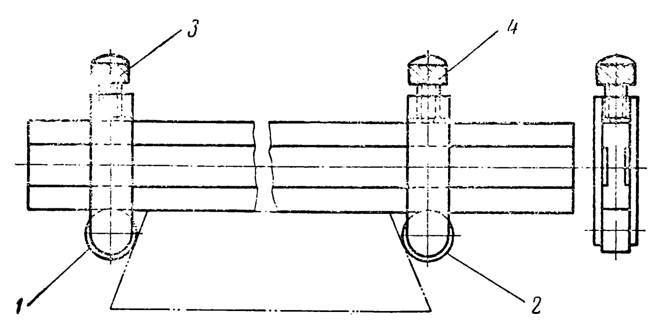


Рис. 132. Роликовое приспособление для проверки конических поверхностей

Высокая точность замера угла конуса достигается на специальном *приспособлении с синусным столом* (рис. 133). На поворотный столик *1* приспособления установлены центровые бабки

5 и 6, которые передвигаются и закрепляются в соответствии с длиной детали. На нижней поверхности стола 1 находятся палец 4 и ролик 2, расстояние между которыми выдержано с большой точностью и равно (в данном случае) 250 *мм*. Палец 4 шарнирно соединяет поворотный столик 1 с плитой 3.

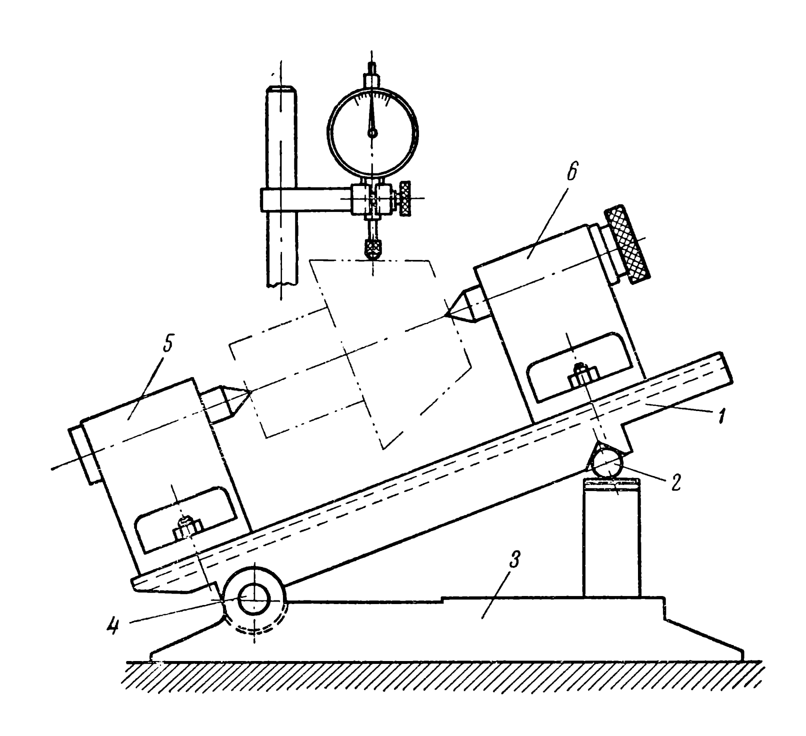


Рис. 133. Приспособление с синусным столом

При проверке угла конуса, например с углом при вершине 32°, деталь устанавливают в приспособление, как показано на рис. 133. По таблице синусов находят синус угла 16° (угол уклона конуса замеряемой детали), который равен 0,27564. Учитывая, что расстояние между роликами приспособления $l=250$ *мм*, находим высоту *H* блока мерных плиток, который необходимо подложить под ролик 5 поворотного столика: $H=0{,}27564\times250=$ $=68{,}91$ *мм*.

Набор мерных плиток устанавливают под ролик и индикатором, закрепленным на стойке, проверяют параллельность верхней образующей конуса плоскости плиты. Если угол прошлифован правильно, то стрелка останется на нуле.

§ 98. ШЛИФОВАНИЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ И КОНИЧЕСКИХ ОТВЕРСТИЙ

Выбор шлифовального круга. Диаметр круга для шлифования отверстий выбирают 0,6—0,95 диаметра шлифуемого отверстия, верхний предел используется для шлифования отверстий меньше 20 *мм,* а нижний — для шлифования больших отверстий.

Поскольку шпиндель внутришлифовального станка работает с большим числом оборотов, то может оказаться, что при шлифовании больших отверстий окружная скорость круга будет выше допустимой. В таких случаях необходимо заменить ведущий шкив привода шпинделя на меньший по диаметру.

Высоту круга для отверстий большого диаметра берут 50 *мм,* с уменьшением диаметра шлифуемого отверстия высота круга уменьшается. Отверстия диаметром меньше 10—15 *мм* шлифуются кругами высотой 8—12 *мм.* Круги с высотой выше 50 *мм* применяются только при шлифовании способом врезания деталей, длина которых превышает 50 *мм.*

При выборе абразивного материала и связки круга руководствуются теми же соображениями, что и при наружном шлифовании. Исключение составляет твердость круга. Учитывая большую длину дуги контакта шлифовального круга с изделием, твердость выбирают на одну-две ступени меньше, чем для наружного шлифования аналогичного материала.

Установка и крепление круга. Шлифовальный круг устанавливают и закрепляют на специальной оправке *1* (рис. 134, *а*), которая затем закрепляется на шлифовальном шпинделе. Шлифовальный круг должен прилегать к торцу оправки по всей поверхности при обязательном небольшом зазоре по внутреннему диаметру. Убедившись в соблюдении этих условий, устанавливают картонную шайбу *2* и закрепляют круг винтом со стальной шайбой. Поскольку диаметр круга небольшой, его не балансируют.

Вновь поставленный круг всегда имеет значительное биение и первая правка его требует дополнительной затраты времени и связана с образованием значительного количества пыли. Кроме того, прав-

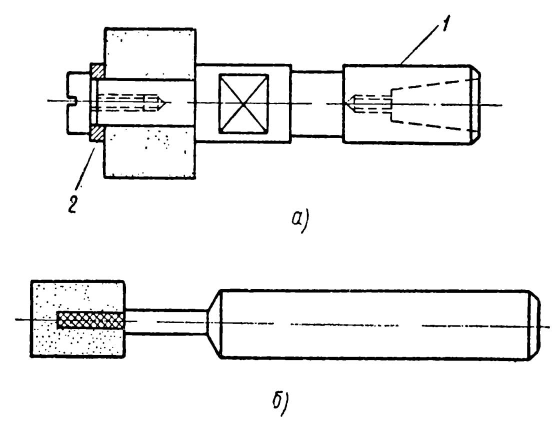


Рис. 134. Крепление круга на оправке:
а — с помощью винта, *б* — жесткое с помощью пайки

ку круга необходимо производить очень часто, так как круг имеет небольшой диаметр и его срок службы весьма ограничен. Поэтому целесообразно иметь определенное количество запасных оправок с закрепленными и предварительно правленными кругами.

Оправки для круга должны быть по возможности жесткими. Для этого надо выбирать для каждого случая наиболее короткую оправку.

При шлифовании отверстий диаметром меньше 10 *мм* применяют круги (рис. 134, *б*), жестко закрепленные на специальных державках.

В настоящее время для шлифования отверстий малых диаметров в деталях из твердого сплава применяют алмазные круги. Несмотря на высокую стоимость этих кругов, их применение оправдывается значительным повышением производительности. При установке таких кругов на шпиндель обязательным условием является отсутствие биения, так как алмазные круги не подвергаются правке.

Режимы шлифования. При назначении режимов шлифования учитываются менее благоприятные условия резания при внутреннем шлифовании по сравнению с наружным. Поэтому поперечную подачу при внутреннем шлифовании обычно принимают 0,002—0,015 *мм* на двойной ход, что в 2,5 раза меньше, чем при наружном шлифовании. Другим средством, обеспечивающим улучшение условий резания, является применение частой правки круга.

Окружная скорость круга при черновом шлифовании берется 25—30 *м/сек* и при чистовом — 30—35 *м/сек*. Для обеспечения такой скорости круга в настоящее время все большее применение находят электрошпиндели со скоростью вращения до 48 000 *об/мин* и выше.

Способы шлифования. Сквозные отверстия чаще всего шлифуются способом *многократных проходов,* при котором вращающийся круг совершает возвратно-поступательное движение вдоль образующей шлифуемого отверстия.

Установка кулачков реверсирования должна быть такой, чтобы круг не выходил из шлифуемого отверстия больше, чем на половину своей высоты, в противном случае размер отверстия у выходов будет больше, чем в середине.

В то же время нельзя допускать, чтобы круг выходил из шлифуемого отверстия меньше, чем на одну треть своей высоты, так как в этом случае размер отверстия на краях будет меньше, чем в середине.

При работе с автоматической поперечной подачей шлифование продолжается еще некоторое время после прекращения подачи. Обычно дают столу 8—10 двойных ходов без поперечной подачи, после чего шлифовальный круг выводят из отверстия.

Если это условие не соблюсти, то на обработанной поверхности отверстия остается след от выхода круга.

При внутреннем шлифовании часто применяют также способ *шлифования врезанием* (рис. 135). Шлифование внутреннего диаметра и внутреннего торца может происходить одновременно (рис. 135, *б*). Для улучшения чистоты шлифуемой поверхности круг в этом случае имеет незначительное возвратно-поступательное перемещение вдоль образующей шлифуемого отверстия в пределах 0,2—0,4 *мм*.

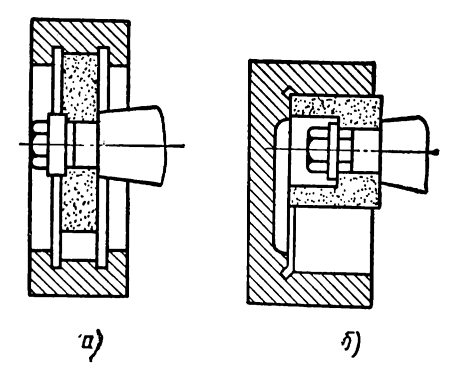


Рис. 135. Внутреннее шлифование способом врезания:

а — диаметра, *б* — одновременно диаметра и торца

Шлифование конических отверстий. Если шлифуемое коническое отверстие сквозное, то применяют способ шлифования многократными проходами. Если же отверстие с одной или двух сторон кончается буртиком, ограничивающим выход шлифовального круга, используют способ шлифования врезанием. При шлифовании конусных отверстий способом многократных проходов деталь устанавливают и закрепляют в патроне или другом зажимном приспособлении, и бабка вместе с деталью поворачивается на угол, равный углу уклона конуса (рис. 136).

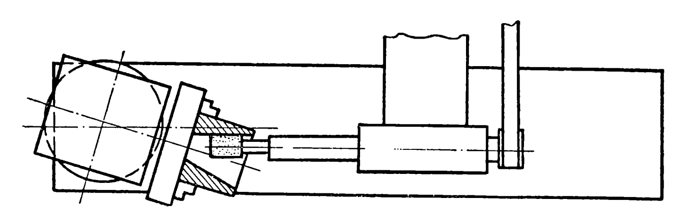


Рис. 136. Внутреннее шлифование способом многократных проходов

После нескольких первых проходов и получения необходимой чистоты всей внутренней поверхности замеряют фактический угол и при наличии отклонения угла, сверх допускаемого, производят корректировку угла точно так же, как это делается при наружном шлифовании.

При шлифовании конусных отверстий врезанием установка шлифовальной бабки и корректировка угла производится так же, как при шлифовании многократными проходами.

§ 99. ПРОФИЛЬНОЕ ШЛИФОВАНИЕ

В машиностроении очень часто встречаются детали, имеющие форму тел вращения с непрямолинейной образующей. На рис. 137, *а* показано внутреннее кольцо шарикоподшипника, а на рис. 138, *а* круглый фасонный резец. Эти детали имеют форму тел вращения с образующей, состоящей из прямолинейных и криволинейного участков. Криволинейный участок на обеих деталях является отрезком дуги окружности с радиусом R и называется радиусным участком.

В зависимости от конкретных условий применяются различные способы шлифования профильных деталей. Кольцо шарикоподшипника, показанное на рис. 137, *а*, является деталью массового производства. Шлифование радиусного участка (желоба) кольца производят на специальных полуавтоматических станках. На рис. 137, *б* показана схема шлифования методом качания. Шпиндель *1* шлифовального круга медленно перемещается в направлении стрелки *А*. Шпиндель изделия с установленным на нем шлифуемым кольцом *2*, вращаясь, совершает качательные движения вокруг вертикальной оси, проходящей через центр дуги *О* желоба.

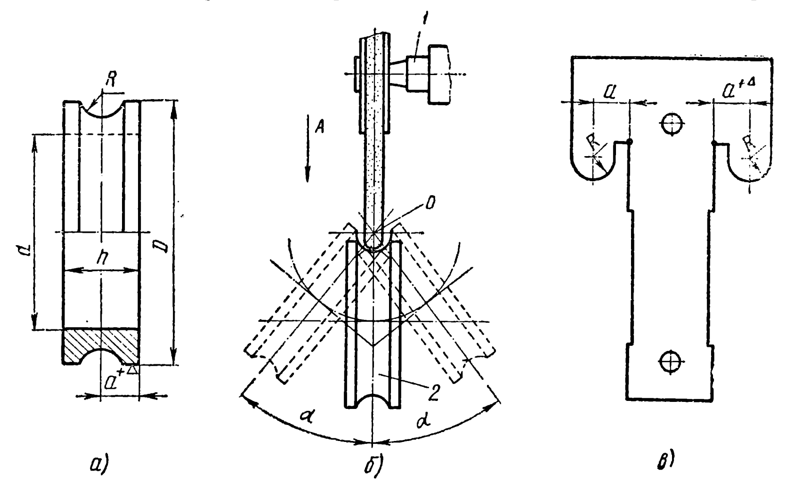


Рис. 137. Профильное шлифование:

а — внутреннее кольцо шарикоподшипника с желобом, *б* — схема шлифования желоба кольца методом качания, *в* — шаблон для контроля профиля кольца

Контроль профиля шлифованного кольца производится предельным шаблоном (рис. 137, *в*). Проходная сторона шаблона имеет расстояние от центра радиуса R до опорной поверхности большее, чем у непроходной, на величину допуска Δ на этот раз-

мер. Радиус желоба проверяется двумя шариками соответствующих предельных размеров.

Круглый фасонный резец, показанный на рис. 138, *а*, изготовляется в мелкосерийном производстве и его обработка производится на универсальных станках. Для шлифования профиля этого резца выбирают шлифовальный круг высотой на 2—3 *мм* больше высоты подлежащего шлифованию резца. Установив

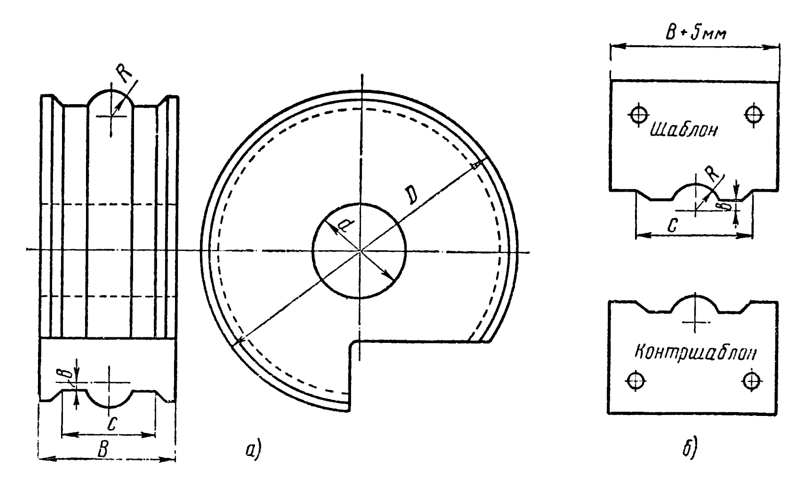


Рис. 138. Фасонный резец (*а*) с шаблонами (*б*)

круг на шлифовальном шпинделе, заправляют его по профилю, обратному профилю резца. Затем оправку с закрепленным на ней резцом устанавливают в центрах, подводят к заправленному шлифовальному кругу и включают вращение шлифовального шпинделя и шпинделя изделия. Шлифование производится поперечной подачей, как это делается при шлифовании способом врезания любой другой детали.

Шлифовальный круг заправляют методом накатки стальным роликом соответствующего профиля, используя приспособление, показанное на рис. 102.

Профиль резца проверяют шаблоном, профиль заправленного круга — контршаблоном (рис. 138, *б*).

§ 100. СКОРОСТНОЕ ШЛИФОВАНИЕ

Одним из существенных способов повышения производительности процесса шлифования является применение метода скоростного шлифования. Окружная скорость шлифовального круга при скоростном шлифовании доводится до 50 *м/сек* вместо обычно

применяемой 25—30 *м/сек*. Одновременно повышается окружная скорость детали до 60 *м/мин* и более.

При увеличении скорости шлифовального круга уменьшается средняя толщина стружки, снимаемой отдельным абразивным зерном, и, следовательно, снижается нагрузка на это зерно. С уменьшением нагрузки замедляется процесс выкрашивания абразивных зерен из связки круга.

Опыт применения высоких скоростей шлифования показывает, что такое повышение твердости круга приводит к увеличению его стойкости и повышению удельного съема, т. е. отношения веса срезаемого металла к весу расхода абразивного круга. Так, например, при шлифовании беговой дорожки наружного кольца шарикоподшипника со скоростью 35 *м/сек* стойкость круга составляет 40 колец, а при скорости круга 50 *м/сек* стойкость такого же круга повышается до 60 колец.

Это значит, что при переходе на скоростное шлифование, помимо значительного сокращения машинного времени на операцию, достигается экономия в расходе абразивного инструмента и сокращается вспомогательное время на замену изношенного круга новым и связанную с этим настройку станка.

Увеличение окружной скорости шлифовального круга благоприятно отражается также и на чистоте шлифованной поверхности.

Окружная скорость шлифования 50 *м/сек* разрешается только при работе специальными скоростными кругами.

Скоростные круги изготовляются из белого электрокорунда (ЭБ) или монокорунда (М) на специальной высокопрочной керамической связке. Применяются также круги на бакелитовой и вулканитовой связках.

Структура скоростных кругов должна быть не ниже девятой. Все большее применение при скоростном шлифовании находят высокопористые круги, т. е. такие круги, у которых величина пор больше, чем у кругов 12-й структуры. Эти круги имеют меньший удельный вес, и по этой причине развивающиеся во время работы центробежные силы высокопористых кругов значительно меньше, чем у обычных. Это благоприятно сказывается на условиях работы подшипников шпинделя и уменьшает вероятность разрыва круга во время работы. Большим преимуществом высокопористых кругов является меньшая их склонность к засаливанию и также возможность подвода охлаждающей жидкости через поры круга.

Подготовка станка. Перед переводом станка на скоростное шлифование требуется тщательно проверить его состояние. Исходя из диаметра шлифовального круга, определяют необходимое число оборотов шпинделя, обеспечивающее скорость шлифования в 50 *м/сек*, и в соответствии с этим определяют диаметры

шкивов электродвигателя и шпинделя. Шкивы не должны иметь биения. Посадку шкива лучше осуществлять на конус без применения шпонок, а там, где их нельзя избежать, надо проверить, не вызывает ли установка шкива дисбаланса шпинделя.

При скоростном шлифовании окружная скорость детали повышается до 40% против обычно применяемой. С возрастанием скорости детали возрастает сила резания P_z.

Увеличение этой силы в сочетании с увеличенной окружной скоростью шлифовального круга вызывает некоторое повышение потребляемой мощности. Поэтому при переводе станка на скоростное шлифование, следует произвести расчет потребляемой мощности при максимальной нагрузке и в соответствии с этим заменить электродвигатель шлифовальной бабки на более мощный. Так, при переводе станков для скоростного шлифования желоба наружного кольца шарикоподшипника мощность электродвигателя шлифовального шпинделя была повышена на 75%.

Путем регулировки подшипников шпинделя шлифовальной бабки увеличивают зазор подшипников на 0,005—0,01 *мм,* кроме того, усиливают подачу смазки в подшипники шпинделя. Детали, вращающиеся с большим числом оборотов, проверяют на неуравновешенность и производят необходимую балансировку.

Жесткость станка имеет важное значение для нормальной работы на скоростном режиме. В целях повышения жесткости необходимо тщательно пришабрить направляющие поверхности всех салазок и отрегулировать клинья на уменьшенный зазор.

Количество выделяемого тепла при скоростном шлифовании значительно возрастает, поэтому необходимо увеличить подачу охлаждающей жидкости в зону шлифования. Для этого обычно заменяют насос охлаждения на более мощный.

Установившаяся температура охлаждающей жидкости и детали должна быть в пределах 20—25° Ввиду увеличения общего количества тепла, которое должно отводиться охлаждающей жидкостью, требуется увеличить количество циркулирующей жидкости, а следовательно, и емкость бака системы охлаждения на 25—40%.

Скоростное шлифование значительно сокращает машинное время обработки детали. При модернизации станка необходимо также предусмотреть максимальное сокращение вспомогательного времени. Для этой цели станки оборудуют приборами для замера деталей в процессе шлифования.

Безопасность работы при скоростном шлифовании. Внедрению скоростного шлифования должно предшествовать тщательное проведение всех мероприятий, гарантирующих безопасность работы. Прежде всего требуется организовать испытание скоростных кругов на окружную скорость 75 *м/сек* непосредственно перед отправлением их из абразивного склада на рабочее место.

Перевозку кругов необходимо организовать так, чтобы была совершенно исключена возможность повреждений круга.

Скоростные круги проходят тщательную балансировку. Балансирование производят в два приема: 1) при установке круга на фланцы и 2) после первой правки.

По мере уменьшения диаметра круга при шлифовании может нарушаться его сбалансированность, что сказывается в появлении вибрации. В этом случае надо работу приостановить и заново отбалансировать круг.

Независимо от соблюдения всех перечисленных мер, необходимо учитывать возможность разрыва круга при работе. В случае разрыва круга, вращающегося с большой скоростью, обычный кожух может оказаться недостаточно прочным, поэтому чугунный кожух заменяют на стальной, а на тех станках, на которых до перевода на скоростное шлифование стояли стальные кожухи, надо заменить их на более прочные.

Угол раствора кожуха должен быть возможно меньший. По мере износа круга кожух нужно передвигать, чтобы его раствор находился в непосредственной близости от круга.

При включении шпинделя шлифовальной бабки, на котором установлен новый круг, в первый момент не рекомендуется стоять против вращающегося круга.

§ 101. АВТОМАТИЗАЦИЯ ШЛИФОВАЛЬНЫХ РАБОТ

Одним из основных средств автоматизации производственных процессов является внедрение автоматических станков и станочных линий.

Автоматизация шлифовальных операций представляет значительные трудности вследствие высоких требований к точности размеров и качеству поверхности шлифованных деталей. Применяемые в металлорежущих станках механизмы подачи инструмента или обрабатываемой детали не обеспечивают необходимую точность их взаиморасположения и получение точных размеров, достигаемых при шлифовании. Автоматизацию процесса шлифования также осложняет быстрый износ шлифовального круга при шлифовании.

Автоматизация шлифовальных работ достигается применением механических, гидравлических, пневматических и электрических устройств.

Рассмотрим пример автоматизации шлифования отверстия во внутреннем кольце шарикоподшипника, в основу которого положен автоматический замер отверстия двухступенчатым калибром, у которого размер первой ступени равен размеру отверстия после чернового шлифования, а размер второй ступени — окончательному размеру отверстия. Этот калибр расположен с обратной стороны шлифуемого отверстия на одной оси с ним. С шли-

фовальным кругом калибр связан так, что он приближается к обратному торцу шлифуемой детали, пытаясь войти в ее отверстие, когда круг движется направо и выходит из шлифуемого отверстия.

При изменении направления движения круга влево калибр тоже уходит влево, освобождая выход для шлифовального круга из шлифуемого отверстия в обратную сторону.

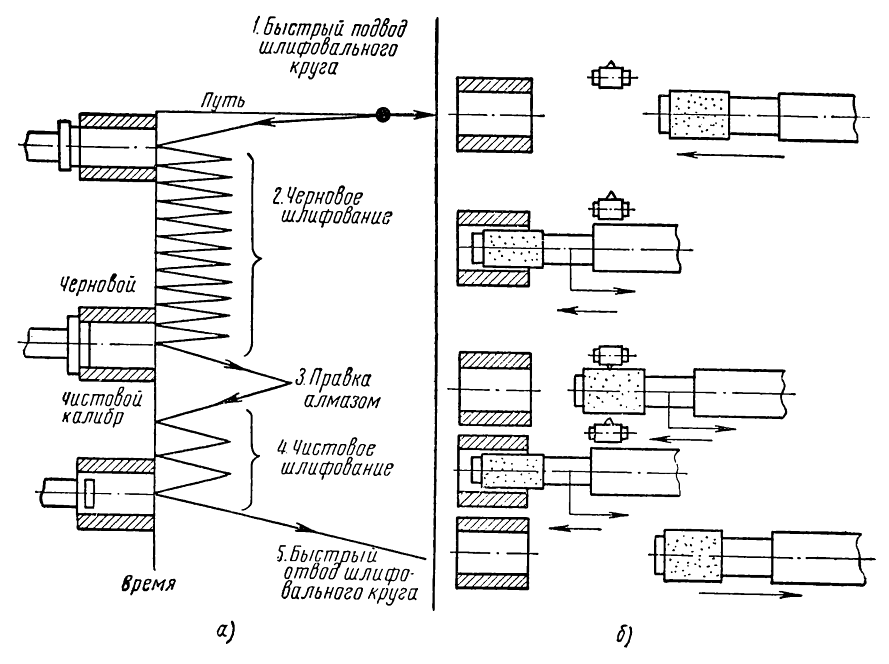


Рис. 139. Схема автоматического цикла шлифования отверстия: *а* — положение калибров, *б* — положение шлифовального круга

На рис. 139 показана схема автоматического цикла шлифования отверстия, состоящего из следующих операций.

1. Вращающийся шлифовальный круг автоматически быстро подводится к вращающейся детали и вводится в отверстие. При этом поперечное положение шлифовальной бабки соответствует максимальному припуску, предусмотренному для шлифования отверстия.

2. Автоматически включается возвратно-поступательное движение шлифовального круга. Поперечная подача производится на каждый двойной ход на величину, предусмотренную для чернового шлифования. При крайнем правом положении шлифовального круга черновой калибр подходит с левой стороны к шлифуемому отверстию и пытается войти в него.

3. Отверстие достигло размера, предусмотренного для чернового шлифования, и черновой калибр входит в него. После этого шлифовальный круг автоматически отводится для правки.

4. По окончании правки шлифовальный круг автоматически вводится в предварительно прошлифованное отверстие и начинается окончательное шлифование с уменьшенной поперечной подачей.

5. Отверстие достигло окончательного размера и чистовой калибр вошел в отверстие. Шлифовальный круг отводится в исходное положение и шпиндель изделия останавливается.

После съема шлифованной детали и установки следующей автоматический цикл повторяется.

В данном случае деталь крепится в мембранном патроне; управление автоматическим циклом шлифования (команда на подвод и отвод шлифовального круга, переход черновой подачи на чистовую) осуществляется электрическим устройством, а перемещение стола, несущего шлифовальную бабку, производится гидравлическим устройством.

На базе автоматизированных станков создаются автоматические линии, последовательно совершающие различные шлифовальные операции. Станки в автоматических линиях соединяются транспортными механизмами различной конструкции.

§ 102. БРАК И МЕРЫ ЕГО ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ

Предупреждать брак при шлифовании особенно важно, так как шлифовщик, допуская брак, сводит на нет не только свой труд, но и труд, вложенный на предыдущих операциях.

Основными видами брака при шлифовании являются:

1) отклонение от заданного размера за пределы допуска;
2) овальность;
3) непрямолинейность образующей;
4) конусность;
5) дробленая поверхность;
6) прижоги;
7) шлифовочные трещины.

Отклонение размеров детали от заданных может быть только от невнимательности рабочего или недостаточной его квалификации.

Овальность является следствием:

а) неудовлетворительного состояния центровых отверстий; эта причина может быть устранена постоянным контролем центровых отверстий у деталей и их доводкой и зачисткой в случае необходимости;

б) неплотной посадки переднего и заднего центров;

в) плохого состояния шпиндельных опор передней бабки (при шлифовании в патроне).

Непрямолинейность образующей шлифуемой детали является результатом осыпания круга. При появлении этого дефекта надо произвести правку круга.

Конусность при шлифовании цилиндрических деталей и отклонения от заданного угла конусности при шлифовании конусных деталей появляются при недостаточном закреплении поворотного стола или передней бабки.

Дробленая поверхность детали вызывается вибрациями станка, основными причинами которых являются:

а) неуравновешенность круга; круг или плохо отбалансирован или во время работы сдвинулся, вследствие недостаточно прочного закрепления;

б) плохое состояние шпиндельных опор шлифовальной бабки;

в) плохое состояние ремней привода или механические повреждения его деталей.

Во время настройки станка нужно прежде всего добиться ликвидации вибраций станка. Наличие вибрации очень легко обнаружить легким прикосновением руки к шпиндельной бабке или бабке шлифовального круга.

Прижоги детали во время шлифования являются следствием чрезмерного выделения тепла в месте контакта круга и детали в результате:

а) слишком высокой твердости круга;

б) чрезмерно большой окружной скорости круга;

в) недостаточной окружной скорости вращения детали;

г) чрезмерно большой поперечной подачи;

д) недостаточно интенсивного охлаждения.

Прижоги — это очень опасный вид брака, так как не всегда удается своевременно обнаружить и изолировать детали с прижогами.

Шлифовочные трещины особенно часто появляются при шлифовании деталей из твердого сплава. Шлифовочные трещины иногда трудно обнаружить невооруженным глазом. Причиной появления шлифовочных трещин является плохая теплопроводность твердого сплава, поэтому его шлифуют при очень низких окружных скоростях шлифовального круга (12—14 *м/сек*). Круг применяется твердостью М1—М2 при высокой пористости.

§ 103. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

При работе на шлифовальных станках возможен разрыв круга. В этом случае для предохранения шлифовщика и окружающих на шлифовальных станках устанавливают защитные кожухи. На круглошлифовальных станках, работающих с окружной скоростью круга до 30—35 *м/сек,* обычно устанавливают литые чугунные кожухи, а станки, предназначенные для

скоростного шлифования, оборудуются сварными кожухами из стального листа толщиной 8—20 *мм*.

При внутреннем шлифовании также небезопасно работать с незащищенным кругом, поэтому шлифовальный круг необходимо закрывать кожухом. Поскольку при внутреннем шлифовании круг входит в шлифуемое отверстие, то защитный кожух должен быть передвижным. На рис. 140 показан один из вариан-

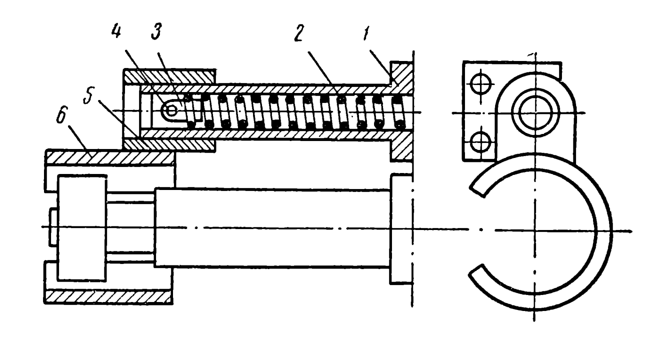


Рис. 140. Защитный кожух при внутреннем шлифовании

тов защитных кожухов при внутреннем шлифовании. К переднему торцу корпуса шлифовальной бабки привертывается втулка *1*. Внутри втулки помещена многовитковая пружина *2*, допускающая сжатие, равное длине хода шлифовального круга при относительно небольшом усилии сжатия. Внутри втулки перемещается сухарь *3*, который шпилькой *4* соединен с внешней втулкой *5*. Для перемещения шпильки *4* во втулке имеется соответствующий сквозной паз. Защитный кожух *6* приварен к внешней втулке *5*. Защитный кожух имеет вырез, через который производится правка круга. В нерабочем положении пружина *2* держит втулку *5*, а с ней и защитный кожух в крайнем положении, при котором круг закрыт.

Во время работы при приближении шпинделя к шлифуемой детали торец кожуха упирается в деталь и, сжимая пружину, пропускает круг в шлифуемое отверстие. При выходе круга из шлифуемого отверстия пружина возвращает кожух в исходное положение.

При креплении шлифовального круга на фланцах между торцами круга и фланцев необходимо ставить картонные прокладки толщиной 0,8—1 *мм*.

Нельзя использовать в работе шлифовальные круги, у которых ось отверстия неперпендикулярна торцам, так как прилегание торцов круга и фланцев будет неполным и при зажиме круга

могут возникнуть опасные напряжения в круге, в результате чего круг может треснуть.

Необходимо выполнять следующие основные правила по технике безопасности при работе на шлифовальных станках:

1. Каждый шлифовальный станок должен обслуживаться только теми рабочими, которые прикреплены к нему. Всем другим лицам работать на станке запрещено.

2. Перед началом работы необходимо проверить направление вращения шпинделя шлифовального круга. Обратное направление вращения шпинделя может привести к самопроизвольному отвинчиванию винта, закрепляющего фланцы на шпинделе, в результате чего вращающийся шлифовальный круг может сорваться со шпинделя.

3. Необходимо проверить правильность установки и крепления приспособлений и детали. Плохо закрепленная деталь может сорваться во время шлифования.

4. При установке на станке деталей весом более 15—20 *кг* следует пользоваться специальными подручными приспособлениями и подъемными механизмами.

5. Не разрешается измерять детали на ходу станка. Для замера деталей необходимо отвести шлифуемую деталь от шлифовального круга и остановить вращение шпинделя передней бабки.

6. Во время работы и особенно при правке круга шлифовщик обязан носить защитные очки, чтобы исключить попадание в глаза осколков круга.

7. Все ременные и зубчатые передачи станка, а также выступающие концы вращающихся валиков должны быть закрыты защитными кожухами.

8. При уборке и смазке станок необходимо выключать.

9. Чтобы избежать поражения электрическим током, шлифовщик обязан выполнять все правила электробезопасности.

Глава XII

ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИИ И ЭКОНОМИКЕ ПРОИЗВОДСТВА

§ 104. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

Основой социалистического способа производства является общенародная собственность на средства производства.

Основным звеном социалистической промышленности является государственное социалистическое предприятие — сложная хозяйственная единица, выпускающая определенную продукцию для народного хозяйства.

Социалистическое предприятие действует на основе плановых заданий и находится в тесной и планомерно организованной взаимосвязи с другими предприятиями и отраслями народного хозяйства. На каждом предприятии непрерывно совершенствуется производство, растет производительность труда, увеличивается выпуск продукции.

Основой капиталистического способа производства является частная собственность на средства производства, и поэтому исключается возможность планового руководства экономикой. Анархия и бесплановость капиталистического производства сказывается на работе отдельных предприятий и исключает возможность их непрерывного планомерного развития.

За последнее десятилетие средние ежегодные темпы роста капиталистической экономики в целом не превысили 5%, в то время как в социалистическом мире они составили 14%.

Стремление к максимальной прибыли и конкурентная борьба побуждает владельцев предприятий увеличивать объем производства и усиливать эксплуатацию рабочих. Но уменьшение оплаты трудящимся приводит к тому, что произведенная продукция не находит себе сбыта. Происходит затоваривание рынка, которое приводит к экономическому кризису. Капиталисты приостанавливают работу своих предприятий и выбрасывают на улицу сотни тысяч рабочих.

В социалистическом обществе имеются неограниченные возможности непрерывного и планомерного роста производства для более полного удовлетворения потребностей советских людей. Непрерывный рост производства требует постоянного улучшения методов труда, введения механизации и автоматизации, новых прогрессивных технологических процессов и лучшей организации производства.

Управление предприятием. В социалистическом государстве, где имеется общественная собственность на все средства производства, создается возможность планового государственного руководства промышленностью в масштабе всей страны.

На социалистическом предприятии управление осуществляется в интересах трудящихся, оно полностью подчинено основным задачам коммунистического строительства. Рабочие и служащие социалистических предприятий принимают активное участие в управлении предприятием. Система управления социалистическим предприятием строится на ленинских принципах руководства народным хозяйством.

Предприятием руководит директор, назначаемый и смещаемый соответствующими государственными органами (совнархозом, министерством и т. д.). Действия директора определяются уставом предприятия, который утверждается в вышестоящей организации.

Директору непосредственно подчиняются планово-экономический отдел, главная бухгалтерия, отдел организации труда и зарплаты (ОТЗ), отдел технического контроля (ОТК), отдел капитального строительства. У директора имеются три заместителя — главный инженер, заместитель по снабжению и административно-хозяйственным вопросам и заместитель по кадрам.

Главному инженеру подчиняются все цехи и отделы: конструкторский, технологический, инструментальный, производственно-диспетчерский, главного механика и энергетика, механизации и автоматизации. У инструментального отдела в подчинении находится инструментальный цех, а у отдела главного механика и энергетика — ремонтно-механический и энергетический цехи.

Заместителю директора по снабжению и административно-хозяйственным вопросам подчиняются отделы материально-технического снабжения, сбыта, транспортный и административно-хозяйственный.

Заместителю директора по кадрам подчиняются отделы: кадров и подготовки кадров.

На заводах с небольшими производственными цехами существует бесцеховая структура предприятий. При этой структуре вместо цехов имеются производственные участки, возглавляемые старшими мастерами. Управление участками производится непосредственно руководством завода.

За счет сокращения цеховой администрации уменьшаются накладные расходы, а руководство завода приближается к производственным участкам и рабочим местам.

§ 105. ОРГАНИЗАЦИЯ ТРУДА

Важнейшей задачей правильной организации производства является обеспечение таких условий, при которых возможен рост производительности труда. Завод должен также выпускать качественную продукцию с наименьшими затратами труда и средств производства.

Рост производительности труда — одно из важнейших условий разрешения задачи обеспечения непрерывно растущих потребностей советских людей. В. И. Ленин писал: «Производительность труда, это, в последнем счете, самое важное, самое главное для победы нового общественного строя»[1]. В Программе КПСС, принятой на XXII съезде, предусматривается рост производительности труда за десятилетие (до 1970 г.) по сравнению с нынешним уровнем в два раза, а за двадцать лет в 4—4,2 раза.

Главными требованиями организации труда являются:

1. Создание условий для производительной работы.
2. Систематическое внедрение передового опыта новаторов производства.
3. Внедрение средств механизации и автоматизации производственных процессов.
4. Обеспечение здоровых и безопасных условий труда.
5. Полное использование высокопроизводительного оборудования, устранение причин, вызывающих простои оборудования.
6. Соблюдение социалистической дисциплины труда, основанной на отношении товарищеского сотрудничества и взаимопомощи, примером которой служит работа бригад коммунистического труда.

Организация труда в цехе. Работой цеха руководит начальник цеха. В цехе имеются участки, возглавляемые мастерами. При большом количестве участков вводятся должности старших мастеров и начальников участков.

Мастер, старший мастер и начальник участка являются непосредственными организаторами и руководителями производства на участках. Указания мастера являются обязательными для всех работающих на участке. Мастер подчиняется старшему мастеру или начальнику участка, а в тех случаях, когда нет старших мастеров и начальников участков — начальнику цеха.

Мастер участка имеет следующие основные права:

1. Расставлять рабочих по рабочим местам на участке.

---

[1] Ленин В. И. Соч., т. 29, стр. 394.

2. Принимать на работу, а также увольнять рабочих, систематически нарушающих трудовую или производственную дисциплину. Заключение мастера об увольнении, утвержденное администрацией и профсоюзной организацией, является окончательным.

3. Присваивать рабочим тарифные разряды в установленном порядке.

4. Премировать рабочих и налагать дисциплинарные взыскания в установленном порядке и т. д.

Главной обязанностью мастера является обеспечение выполнения заданий по выпуску продукции, повышению производительности труда, повышению качества выпускаемой продукции, по снижению затрат на единицу продукции.

В настоящее время большинство основных производственных цехов предприятий работает в две смены. Ремонтные и другие вспомогательные цехи (например, котельная) часто работают в три смены.

Порядок выполнения рабочего задания. Для выполнения определенного задания рабочий получает *наряд* от нарядчика, а нарядчик получает указания от мастера. Если характер работы не изменяется в течение определенного времени, т. е. при серийном производстве, наряд может быть выписан на всю партию обрабатываемых деталей. В массовом производстве обычно выдают пятидневные наряды.

В каждом наряде указывается характер работы, норма, расценка, фамилия рабочего, которому поручена данная работа. На внеплановые работы оформляют особый наряд. Этот наряд кроме мастера подписывает ответственное лицо, разрешившее выполнение работы.

Кроме наряда, рабочий получает *технологическую карту,* в которой приводятся все данные, относящиеся к обработке детали: последовательность установок, переходов и проходов с указанием скоростей вращения детали, шлифовального круга, продольных и поперечных подач, данные о режущем и измерительном инструменте, норма времени на все элементы работ и на всю работу в целом, а также норма выработки деталей в час или смену

Выполненная работа предъявляется контролеру ОТК. Контролер проставляет в наряде количество годных и бракованных деталей, в случае брака указывает конкретного виновника. На бракованные детали составляется документ, называемый *извещением о браке.* После этого наряд подписывается мастером цеха и передается в бухгалтерию для начисления рабочему заработной платы.

Норма времени, указываемая в технологической карте, может быть уменьшена за счет увеличения производительности труда.

Производительность труда при шлифовании увеличивается за счет применения:

1) скоростного шлифования;
2) методов глубинного или врезного шлифования;
3) операций предварительного грубого шлифования;
4) одновременного шлифования несколькими кругами;
5) качественных смазочно-охлаждающих жидкостей и совершенных способов подвода этих жидкостей;
6) средств активного контроля;
7) быстродействующих зажимных приспособлений;
8) специальных тормозных устройств для быстрой остановки вращающихся деталей.

Каждый шлифовщик должен стремиться к повышению производительности труда, добиваться отличного качества продукции. Для овладения мастерством шлифовщика нужно непрестанно повышать свою квалификацию, знакомиться с передовыми методами труда, принимать участие в соцсоревновании, участвовать в работе бригад коммунистического труда.

§ 106. ТЕХНИЧЕСКОЕ НОРМИРОВАНИЕ

Техническое нормирование устанавливает норму времени, т. е. время, потребное для выполнения заданной операции в определенных производственных условиях.

По норме времени на операцию подсчитывается затрата времени на всю программу выпуска деталей, определяется необходимое число рабочих, станков, количество электроэнергии и т. д.

В соответствии с нормами времени устанавливается производственный план участка, цеха, завода в целом. В соответствии с затратой времени производится оплата труда рабочих. Время, затрачиваемое на операцию, характеризует производительность труда. Чем меньше времени тратится на одну операцию, тем больше деталей будет обработано за час или смену, т. е. тем выше производительность труда.

Под *нормой выработки* понимают то количество операций (объем работы), которое может выполнить рабочий в единицу времени (в смену, в час). Зная продолжительность смены (420 мин.) и норму времени на одну операцию (T), находят норму выработки (420 T).

Норма времени не является постоянной величиной, так как с повышением производительности труда норма времени снижается и увеличивается норма выработки.

При определении нормы предусматривается наилучшая организация труда и обслуживания рабочего места, т. е. в норму не должны входить потери времени из-за организационных неполадок по обслуживанию рабочего места. В норму не должны вхо-

дить потери времени на исправление брака или изготовление деталей взамен забракованных.

При расчете норм времени должны учитываться действительные режимы резания на данной операции, нормальные припуски на обработку, нормальный инструмент и то приспособление, которое предназначено для этой операции.

Техническая норма времени на операцию состоит из двух основных частей:

1) нормы штучного времени;

2) нормы подготовительно-заключительного времени.

Под нормой штучного времени понимают время, затрачиваемое на обработку детали на станке.

Под нормой подготовительно-заключительного времени понимают время, которое затрачивается на ознакомление с чертежом и технологическим процессом, на наладку станка, установку и снятие инструментов (шлифовальных кругов) и приспособлений, а также на выполнение всех приемов, связанных с окончанием заданной работы, — сдачу готовой продукции контролеру, сдачу инструмента в инструментальную кладовую и т. д.

Подготовительно-заключительное время затрачивается один раз для всей партии одновременно обрабатываемых деталей. Поэтому время, потребное на обработку партии деталей, составляет:

$$T_{п} = T_{шт} \cdot z + T_{п\text{-}з},$$

где $T_{п}$ — норма времени на изготовление партии, мин.;
$T_{шт}$ — штучное время, мин.;
z — число деталей в партии, шт.;
$T_{п\text{-}з}$ — подготовительно-заключительное время, мин.

Из этой формулы можно определить, какое время будет затрачиваться на изготовление одной детали, если разделить правую и левую части на z:

$$T_{шт\text{-}к} = T_{шт} + \frac{T_{п\text{-}з}}{z}$$

где $T_{шт\text{-}к}$ — норма штучно-калькуляционного времени, т. е. времени на операцию с учетом подготовительно-заключительного времени.

Значение $T_{п\text{-}з}$ приведено в справочниках нормировщика.

Норма штучного времени состоит из следующих элементов:

$$T_{шт} = t_{о} + t_{в} + t_{об.р.м} + t_{о.и\ е.н},$$

где $t_{о}$ — основное (технологическое) время;
$t_{в}$ — вспомогательное время;
$t_{об.р.м}$ — время обслуживания рабочего места;
$t_{о.и\ е.н}$ — время перерывов на отдых и естественные надобности.

Основным (технологическим) временем t_o называют время, в течение которого происходит изменение формы и размеров обрабатываемой детали.

Основное время может быть:

а) *машинным*, если изменение формы и размеров детали производится на станке без непосредственного физического воздействия рабочего (например, шлифование вала на станке с автоматической подачей стола);

б) *машинно-ручным*, если изменение формы и размеров производится на оборудовании с непосредственным физическим воздействием рабочего (например, шлифование вала на станке с ручной подачей стола);

в) *ручным*, если изменение формы и размеров детали производится рабочим (например, слесарные работы: шабрение, опиливание поверхности и т. д.).

Основное машинное время при шлифовании по методу многократных проходов высчитывается по формуле

$$t_м = \frac{l \cdot q}{n \cdot s_{пр} \cdot s_{п.п}} \cdot K \text{ мин.}$$

Основное машинное время при шлифовании по методу врезания определяется по формуле

$$t_м = \frac{q}{s_{п.п}} \cdot K \text{ мин.}$$

В этих формулах приняты следующие обозначения:

l — длина хода рабочего стола при шлифовании данной детали, *мм;*

q — припуск на сторону, *мм;*

n — число оборотов детали в минуту;

$s_{пр}$ — продольная подача на один оборот детали, *мм;*

$s_{п.п}$ — поперечная подача на один ход стола (глубина резания), *мм;*

K — коэффициент, учитывающий время на вывод искры, принимается от 1,1 до 1,5.

При определении числа оборотов детали, когда известны ее диаметр и скорость вращения, пользуются формулой

$$n = \frac{1000 \cdot v_д}{\pi \cdot d_д} \text{ об/мин,}$$

где $v_д$ — скорость вращения детали, *м/мин;*

$d_д$ — диаметр детали, *мм.*

На основное время расходуется от 30 и до 75% всего рабочего времени, остальное составляет вспомогательное время.

Вспомогательным временем $t_в$ называется время, которое рабочий затрачивает на различные приемы, связанные с выполнением основной работы и повторяющиеся с каждой обрабатываемой деталью.

Вспомогательное время определяется путем хронометража и затрачивается на установку и снятие детали, управление станком, контрольные промеры детали.

Имеются справочники, в которых приведено вспомогательное время для различных случаев обработки деталей.

Чем меньше вспомогательное время, тем полнее используется станок, тем большее время в течение смены затрачивается непосредственно на снятие стружки.

Вспомогательное время нужно уменьшать за счет применения быстродействующих приспособлений, механизации и автоматизации контроля и управления станком.

Время обслуживания рабочего места $t_{об. р. м}$ составляет время, которое затрачивает рабочий на уход за рабочим местом в течение всей смены. Оно состоит из времени на техническое и организационное обслуживание. Время на техническое обслуживание рабочего места включает в себя время на смену режущего инструмента (шлифовального круга) при его износе, время на регулирование и подналадку станка в процессе работы, на правку шлифовального круга, на удаление стружки.

Время организационного обслуживания рабочего места включает время на раскладку и уборку режущего и вспомогательного инструмента в начале и в конце смены, время на смазку и чистку станка.

Время на естественные надобности определяется на всю смену. При выполнении тяжелых работ к этому времени добавляется также время на отдых (т. е. перерыв в работе).

Время на обслуживание рабочего места и на естественные надобности определяется в процентном отношении к оперативному времени, т. е. к сумме $t_о + t_в$

Подсчитав все составляющие нормы времени $t_о$; $t_в$; $t_{об. р. м}$; $t_{о. и е. н}$, $T_{п-з}$ и зная партию одновременно обрабатываемых деталей, определяют $T_{шт-к}$.

Зная $T_{шт-к}$ и количество часов работы в смену, можно определить норму выработки в смену:

$$T_{выр} = \frac{420}{T_{шт-к}},$$

где 420 — число минут в смене.

Норма выработки в час:

$$T_{выр} = \frac{60}{T_{шт-к}}.$$

Из этих формул видно, что чем меньше норма времени $T_{шт\text{-}к}$, тем больше выработка в час и смену.

При хорошо налаженной работе рабочие выполняют и перевыполняют нормы выработки, что приводит к выполнению и перевыполнению производственного плана и к повышению производительности труда.

§ 107. ЗАРАБОТНАЯ ПЛАТА

В социалистическом обществе распределение основано на принципе: от каждого по его способностям, каждому по его труду.

В Советском Союзе оплата труда производится в зависимости от производительности, квалификации рабочего, сложности, тяжести, общественной важности работы.

XXII съезд КПСС указал на необходимость сокращения разрыва в оплате труда низко- и среднеоплачиваемых групп работников, с одной стороны, и высокооплачиваемых групп, с другой.

Заработная плата на промышленном предприятии определяется по тарифной системе. Основа тарифной системы — это тарифная сетка и тарифно-квалификационные справочники.

В соответствии с тарифно-квалификационным справочником рабочему определяется производственный разряд. В СССР квалификация рабочего определяется по шестиразрядной сетке, где 6-й разряд соответствует наивысшей квалификации. Тарифная ставка определяет размер оплаты труда рабочего данного разряда за 1 час рабочего времени.

Оплата труда бывает сдельной, повременной и прогрессивной. При *сдельной оплате* рабочий получает за количество обработанных им деталей. Сдельная расценка на работу определяется нормой времени и разрядом работ.

При *повременной оплате* рабочий получает за проработанное время.

При *сдельно-прогрессивной оплате* труда рабочему устанавливается норма: если рабочий выполнит только одну норму, то за обработанные детали он получает по установленной сдельной расценке. За выработку сверх нормы качественных деталей расценки прогрессивно увеличиваются по определенной шкале.

Существуют две группы тарифных ставок. Каждая группа предназначена для оплаты труда в определенных отраслях промышленности.

В табл. 16 приведена тарифная сетка для рабочих машиностроительной и металлообрабатывающей промышленности.

Таблица 16

Тарифная сетка для рабочих машиностроительной и металлообрабатывающей промышленности

Разряды	I	II	III	IV	V	VI
Тарифные ставки (руб. в час) для повременщиков, занятых на холодных работах:						
первая группа	0,275	0,311	0,355	0,407	0,473	0,550
вторая группа	0,263	0,297	0,339	0,389	0,452	0,526
Для сдельщиков, занятых на холодных работах, и повременщиков, занятых на горячих, тяжелых работах и работах с вредными условиями труда:						
первая группа	0,320	0,362	0,413	0,474	0,550	0,640
вторая группа	0,305	0,345	0,393	0,451	0,525	0,610

§ 108. ПОНЯТИЕ О ПЛАНИРОВАНИИ, ХОЗРАСЧЕТЕ И РЕНТАБЕЛЬНОСТИ

В нашей стране действует закон планомерного (пропорционального) развития всего народного хозяйства.

Госплан СССР совместно с госпланами союзных республик разрабатывает контрольные цифры развития народного хозяйства на несколько лет вперед. На основе этих цифр с учетом необходимых поправок составляются планы предприятий.

Задачей внутризаводского планирования является доведение плановых заданий до цехов, производственных участков, бригад и отдельных рабочих, а также контроль выполнения плана.

Методом работы социалистического предприятия является хозрасчет. Задача хозрасчета состоит в том, чтобы расходы предприятия на выпуск продукции перекрывались доходами, получаемыми от реализации готовой продукции. Хозрасчет обеспечивает выполнение государственного плана при наименьших затратах материалов и труда.

Производство работает рентабельно, когда оно имеет прибыль от реализации готовой продукции. Прибыль получается за счет сокращения расхода основных и вспомогательных материалов, снижения затрат труда, накладных расходов. Иначе говоря, прибыль получается за счет снижения себестоимости продукции.

Наряду с хозрасчетом предприятия большое значение имеет хозрасчет цехов, участков цеха и бригад. Цех или участок, пере-

веденный на хозрасчет, в своей деятельности руководствуется плановой себестоимостью единицы продукции.

Различают себестоимость всего изделия и себестоимость отдельных элементов изделия. Себестоимость изделия состоит из себестоимости отдельных его элементов (деталей) с учетом сборочных и испытательных операций.

Себестоимость детали включает стоимость материала заготовки плюс себестоимость изготовления деталей на всех операциях в цехе, плюс общезаводские расходы.

В машиностроении распределение цеховых расходов производится пропорционально производственной зарплате. Например, зарплата производственных рабочих по цеху составляет 5000 руб., а цеховые накладные расходы 7500 руб. в месяц, тогда накладные расходы составляют $\frac{7500}{5000} \cdot 100\% = 150\%$, т. е. на каждый рубль зарплаты производственного рабочего падает на 1,5 руб. накладных расходов.

В общезаводские расходы входят зарплата работников заводоуправления, расходы по содержанию зданий и сооружений общезаводского значения (котельная, компрессорная и др.), расходы на содержание общезаводских лабораторий, транспорта и т. п. Эти расходы распределяются по цехам пропорционально производственной зарплате.

Для снижения себестоимости продукции предприятия каждый рабочий должен сокращать расходы на вспомогательные материалы, электроэнергию, инструменты и т. п.

Введение механизации и автоматизации производственных процессов, сокращение административно-управленческого аппарата, строжайшая экономия материалов, уменьшение отходов и брака приводят к понижению стоимости деталей и машин, к увеличению общенародного дохода.

ЛИТЕРАТУРА

Ананьин С. Г., Ачеркан Н. С., Богуславский Б. Л., Ермаков В. В., Игнатьев В. А., Кудряшев А. А., Пуш В. Э., Федотенок А. А., Хрыков А. Н. Металлорежущие станки. Машгиз, 1958.
Аршинов В. А., Алексеев Г А. Резание металлов. Машгиз, 1958.
Афанасьев П. А. Применение пластических масс в машиностроении. Машгиз, 1961.
Бравичев В. А., Гайдар В. И., Зинин М. В., Меньшиков И. И. Металлорежущие станки. Машгиз, 1955.
Васильев Н. Н. Круглое наружное шлифование. Машгиз, 1960.
Галкин В. Д., Обидаров В. Н. Рациональная постановка размеров и допусков на чертежах. Машгиз, 1960.
Григорьев И. А., Дворецкий Е. Р. Контроль размеров в машиностроении. Машгиз, 1960.
Дружнин Н. С., Цыблов П. П. Курс черчения. Машгиз, 1960.
Каширин А. И. Технология машиностроения. Машгиз, 1949.
Кочетков Г Д. Опыт высокопроизводительного шлифования. Машгиз, 1958.
Кудасов Г. Ф. Абразивные инструменты и материалы. Машгиз, 1960.
Лебедев М. С. Шлифование металлов. Машгиз, 1951.
Лесохин А. Ф. Допуски, посадки и технические измерения. Машгиз, 1959.
Лоскутов В. В. Шлифовальное дело. Машгиз, 1956.
Лоскутов В. В. Шлифовальные автоматы и полуавтоматы. Машгиз, 1959.
Лоскутов В. В. Шлифование металлов. Машгиз, 1956.
Мазырин В. П. Абразивный инструмент. Машгиз, 1959.
Маслов Е. Н. Основы теории шлифования металлов. Машгиз, 1951.
Миллер Э. Э., Унгерман А. И. Фаткин П. Ф. Экономика, организация и планирование машиностроительного предприятия. Машгиз, 1959.
Никифоров В. М. Краткий курс технологии металлов. Машгиз, 1960.
Панков И. А. Круглое наружное шлифование. Машгиз, 1951.
Раковский В. С., Самсонов Г В., Ольхов И. Н. Основы производства твердых сплавов. Металлургиздат, 1960.
Розов С. В. Курс черчения. Машгиз, 1960.
Сосненко М. Н. Основы материаловедения. Машгиз, 1957.
Толченов Т. В. Техническое нормирование станочных работ. Машгиз, 1956.
Тутов И. Е. Металловедение. Машгиз, 1951.

ОГЛАВЛЕНИЕ



Генис Борис Михайлович, Доктор Лема Шиманович, Терган Владимир Семенович

ШЛИФОВЩИК НА КРУГЛОШЛИФОВАЛЬНЫХ СТАНКАХ. Учебное пособие для индивидуальной и бригадной подготовки рабочих на производстве. М., Профтехиздат, 1963.

272. с. с илл. 6П4.6.08

Научный редактор *В. З. Фрейдберг*

Редактор *С. Н. Чи-юн-шуй*

Обложка худ. *И. Н. Веселова-Новицкого*

Техн. редактор *Л. А. Дороднова*

Корректоры *М. М. Добрянская* и *Н. С. Логунова*

А00819 Сдано в набор 12/XII 1962 г. Подп. к печ. 4/IV 1963 г.
Формат бум. 60×90 1/16—17 п. л. В 1 п. л. 38 000 зн. Уч.-изд. 15,76 л.
Уч. № 9/5929 Тираж 20 000 экз. Цена 49 коп.

Издательство «Профтехиздат», Москва, Хохловский пер., 7
Рижская типография Профтехиздата, г. Рига, ул. Таллинас, 59. Зак. 1944

ВСЕСОЮЗНОЕ
УЧЕБНО-ПЕДАГОГИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО «ПРОФТЕХИЗДАТ»

ВЫПУСКАЕТ В 1963 ГОДУ

УЧЕБНЫЕ ПЛАКАТЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ МОЛОДЫХ РАБОЧИХ

Сделать предварительный заказ и приобрести вышедшие из печати плакаты можно в магазинах книготоргов и потребительской кооперации и заказать через отделы «Книга — почтой» местных книготоргов.

МЕТАЛЛООБРАБОТКА

Крымский И. И. Автоматизация и механизация в кузнечном производстве. 25 плакатов. Профтехиздат, 46 п. л., ц. 7 р. 50 к. (I кв.). Тематический план 1963 г., № 33.

ЭНЕРГЕТИКА

Дмитриев В. Г Передвижные электростанции. 20 плакатов. Профтехиздат, 37 п. л., ц. 6 руб. (III кв.). Тематический план 1963 г., № 63.

Корхов Ю. М. Ремонт электрических машин и трансформаторов. 20 плакатов. Профтехиздат, 37 п. л., ц. 6 руб. (IV кв.). Тематический план 1963 г., № 64.

Марамзин Г. В. Счетно-перфорационные и клавишные машины. 27 плакатов. Профтехиздат, 50 п. л., ц. 8 р. 10 к. Тематический план 1963 г., № 65.

Полонский П. А. Кабельные линии связи ГТС. 24 плаката. Профтехиздат, 44 п. л., ц. 7 р. 20 к. (III кв.). Тематический план 1963 г., № 66.

Семенов Л. Г Кислотные и щелочные аккумуляторы. 20 плакатов. Профтехиздат, 37 п. л., ц. 6 руб. (IV кв.). Тематический план 1963 г., № 6.

Тетерина А. Н. Телефонная аппаратура. 25 плакатов. Профтехиздат, 46 п. л. ц. 7 р. 50 к. (IV кв.). Тематический план 1963 г., № 68.

СТРОИТЕЛЬСТВО

Макаров М. М. Гидравлический экскаватор Э-153. 20 плакатов. Профтехиздат, 37 п. л., ц. 6 руб. (I кв.). Тематический план 1963 г., № 100.

Поляков В. И. Башенные краны. 25 плакатов Профтехиздат, 46 п. л., ц. 7 р. 50 к. (II кв.) Тематический план 1963 г., № 101.

Седов А. П. Печные работы. 15 плакатов. Профтехиздат, 28 п. л., ц. 4 р. 50 к. (II кв.). Тематический план 1963 г., № 102.

Толстой М. Г Монтаж зданий и сооружений из сборных железобетонных конструкций. 25 плакатов. Профтехиздат, 25 п. л., ц. 7 р. 50 к. Тематический план 1963 г., № 103.

Хаютин Ю. Г Бетонные работы. 25 плакатов. Профтехиздат, 46 п. л., ц. 7 р. 50 к. (II кв.). Тематический план 1963 г., № 104.

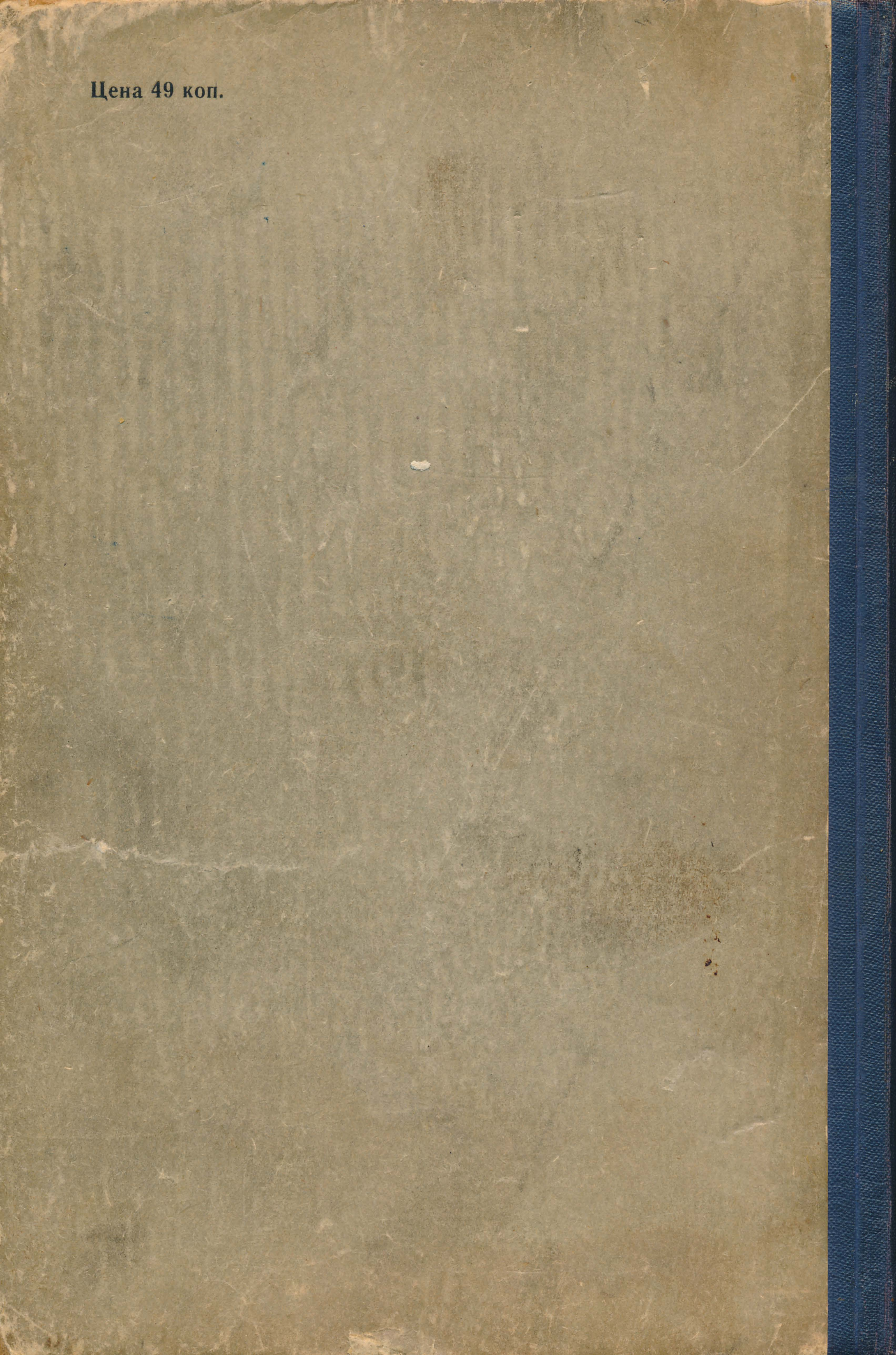
ХИМИЯ

Масленников К. Н., Филатова В. И. Матвеев В. С. Производство искусственных и синтетических волокон. 27 плакатов. Профтехиздат, 50 п. л., ц. 8 р. 10 к. (IV кв.). Тематический план 1963 г № 169.

ПОЛИГРАФИЯ

Печатные машины. 64 плаката. Профтехиздат, 115 п. л., 19 р. 20 к. (IV кв.). Тематический план 1963 г., № 170.

Все отзывы и замечания по плакатам просим направлять по адресу: *Москва, Центр, Хохловский пер., 7., Профтехиздат.*



Цена 49 коп.